

BMUV-Umweltinnovationsprogramm

Abschlussbericht

zum Vorhaben

„Autark-Bräu – Energieautarke Karmeliten Brauerei Straubing“

NKa3 - 003139

Zuwendungsempfängerin

Karmeliten Brauerei Karl Sturm GmbH & Co. KG

Senefelder Straße 21

94315 Straubing

Umweltbereich

Klimaschutz

Laufzeit des Vorhabens

25.11.2015 – 31.12.2021

Autor/-en

Herr Christoph Kämpf, Herr Albert Link, Herr Torsten Volkmann

**Gefördert mit Mitteln des Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz,
nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz**

Datum der Erstellung

24.11.2022

Berichts-Kennblatt

Aktenzeichen UBA: NKa3	Projekt-Nr.: 003139
Titel des Vorhabens: „Autark-Bräu – Energieautarke Karmeliten Brauerei Straubing“	
Autor/-en (Name, Vorname) Christoph Kämpf Albert Link Torsten Volkmann	Vorhabensbeginn: 25.11.2015
	Vorhabensende (Abschlussdatum): 31.12.2021
Zuwendungsempfänger/-in (Name, Anschrift): Karmeliten Brauerei Karl Sturm GmbH & Co. KG Senefelder Straße 21 94315 Straubing	Veröffentlichungsdatum: 24.11.2022
	Seitenzahl: 65
Gefördert im BMUV-Umweltinnovationsprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz.	
Kurzfassung (max. 1.500 Zeichen): In Brauereien besteht ein hoher Bedarf an Prozesswärme und -Kälte. Steigende Energiepreise und der Bedarf an hoher Versorgungssicherheit fordern vollkommen neue Ansätze für Energiekonzepte. Insbesondere für kleine und mittelständische Brauereien stellt die im Rahmen des Vorhabens vorgestellte Lösung einer energieautarken Brauerei eine wichtige Investition in die Zukunftssicherheit dar. Das Vorhaben basiert auf einer ganzheitlichen Betrachtung einer autarken Energieerzeugung-, Verteilung und Nutzung zur Erzielung hoher Energieeffizienz und Unabhängigkeit. Die Prozesswärmeerzeugung besteht aus Mikrogasturbinen, welche elektrischen Strom zur Eigennutzung erzeugen. Weiterhin wird ein Hochtemperatur-Warmwasserkessel mit direkter Befuerung mittels Zweistoff Brenner und Abhitze aus Abgas der Mikrogasturbinen betrieben. Die Prozesskälteerzeugung besteht aus natürlicher Kälte, einem über eine modifizierte LiBr-Absorptionskältemaschine gespeisten Glykolkältekreislauf sowie Eisspeichern. Mittels einer anaeroben Biogasanlage wird ein bidirektionaler Stoffstrom in Form der Eigenproduktion von Biogas und einer energetischen Verwertung organischer Reststoffe als Wertstoffe realisiert. Ein System zur Visualisierung und vorausschauenden energetischen Produktionsauftragsplanung unterstützt dabei die optimale Steuerung der Komponenten zur Wärme- und Kälteerzeugung. Das Vorhaben wurde erfolgreich umgesetzt, die Anlage in Betrieb genommen und die Erwartungen weitestgehend bestätigt.	
Schlagwörter: Bierbrauerei, Zweistoff Brenner, Mikrogasturbine, Naturkälte, Absorptionskältemaschine, Eisspeicher, Anaerobe Biogasanlage	
Anzahl der gelieferten Berichte Papierform: 2 Elektronischer Datenträger: per E-Mail barrierefreies PDF	Sonstige Medien: Veröffentlichung im Internet Geplant auf der Webseite: ja

Report Coversheet

Reference-No. Federal Environment Agency: NKa3	Projekt-Nr.: 003139
Report Title: „Autark-Bräu – Energy self-sufficient Karmeliten Brewery Straubing“	
Author/Authors (Family Name, First Name): Christoph Kämpf Albert Link Torsten Volkmann	Start of project: 25.11.2015 End of project: 31.12.2021
Performing Organisation (Name, Address): Karmeliten Brauerei Karl Sturm GmbH & Co. KG Senefelder Straße 21 94315 Straubing	Publication Date: 24.11.2022 No. Of Pages: 65
Funded in the Environmental Innovation Programme of the Federal Ministry for the Environment, Nature Conservation, Nuclear Safety and Consumer Protection.	
Summary (max. 1.500 characters): In breweries, there is a high demand for process heat and cold. Rising energy prices and the need for high security of supply require completely new approaches to energy concepts. Especially for small and medium-sized breweries, the solution of an energy-self-sufficient brewery presented as part of the project represents an important investment in future security. The project is based on a holistic view of self-sufficient energy generation, distribution and use to achieve high energy efficiency and independence. The process heat generation consists of micro gas turbines, which generate electricity for their own use. Furthermore, a high-temperature hot water boiler with direct control by means of a dual-fuel burner and waste heat from exhaust gas from the micro gas turbines is operated. The process refrigeration consists of natural cold, a glycol refrigeration circuit fed by a modified LiBr absorption chiller and ice storage. By means of an anaerobic biogas plant, a bidirectional material flow in the form of the in-house production of biogas and an energetic utilization of organic residues as valuable materials is realized. A system for visualization and predictive energetic production order planning supports the optimal control of the components for heating and cooling generation. The project was successfully implemented, the plant was put into operation and expectations were largely confirmed.	
Keywords: brewery, Dual-fuel burner, micro gas turbine, natural cold, absorption chiller, ice storage, anaerobic biogas plant	

Inhalt

1.	Einleitung	4
1.1	Kurzbeschreibung des Unternehmens und ggf. der Projektpartner	4
1.2	Ausgangssituation	6
2.	Vorhabenumsetzung	10
2.1	Ziel des Vorhabens	10
2.2	Technische Lösung (Auslegung und Leistungsdaten)	10
2.3	Umsetzung des Vorhabens	16
2.4	Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)	25
2.5	Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten	25
2.6	Konzeption und Durchführung des Messprogramms	25
3.	Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung	27
3.1	Bewertung der Vorhabendurchführung	27
3.2	Stoff- und Energiebilanz	28
3.3	Umweltbilanz	30
3.4	Wirtschaftlichkeitsanalyse	32
3.5	Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren	34
4.	Übertragbarkeit	35
4.1	Erfahrungen aus der Praxiseinführung	35
4.2	Modellcharakter/Übertragbarkeit (Verbreitung und weitere Anwendung des Verfahrens/der Anlage/des Produkts)	37
5.	Zusammenfassung/ Summary	40
5.1	Zusammenfassung	40
5.2	Summary	42
6.	Literatur	43
7.	Anhang	44
7.1	Beschreibung des Verfahrens zur fortschreibenden Ermittlung von Energie- und Mediendaten	44
7.2	Spitzlastmanagement mit automatischer Abschaltung von Verbrauchern	60
7.3	Liste der Veröffentlichungen	61

1. Einleitung

1.1 Kurzbeschreibung des Unternehmens und ggf. der Projektpartner

Antragsteller ist die Karmeliten Brauerei Karl Sturm GmbH & Co. KG, Senefelder Straße 21, 94315 Straubing.

Unternehmensprofil:

Die Karmeliten, einst Brüder aus dem „Orden der allerseligsten Jungfrau Maria vom Berge Karmel“, gründeten die Brauerei 1367 in Straubing, welche laut Hoppenstedt das 35. älteste Unternehmen in Deutschland ist.

Seit 1879 ist die Brauerei im Familienbesitz. Die alte Brautradition und die herzliche Gastlichkeit des Karmelitenklosters werden auch heute noch von den Besitzern gepflegt.

1980 wurde die Karmeliten Brauerei aus dem Straubinger Stadtzentrum an den jetzigen Standort an der Senefelder Straße 21 zur Schaffung neuer Kapazitäten und Ausbaumöglichkeiten verlagert.

Aktuell beschäftigt das Unternehmen ca. 30 Mitarbeiter und produzierte 2021 über 55.000 hl Bier.

Die Karmeliten Brauerei Straubing ist auch Lieferant des Gäubodenfestes in Straubing. In der Zwischenzeit ist das Gäubodenfest, neben dem Oktoberfest eines der größten und bekanntesten Volksfeste weltweit und ein international anerkanntes Aushängeschild.

Die Umsetzung des geplanten Vorhabens ist damit auch ein „Vorzeigeprojekt“ mit weltweiter Beachtung in der gesamten Brauwelt.

Sorgfältig ausgewählte Rohstoffe, alte Rezepturen und bestmögliche Reifezeiten sind die Grundlagen für den ausgezeichneten Geschmack und die Bekömmlichkeit der Bierspezialitäten des Unternehmens. Hohes handwerkliches Können und die Nutzung modernster Technik garantieren die stets gleichbleibende hohe Qualität.


Produkte:

- Bierspezialitäten: Alkoholfrei, Karmeliten Marie, Karmeliten Luggi, Kloster Urtyp, Pils, Bio Bier
Kloster Gold: Festbier, Kloster Dunkel, Doppelbock, Weizen Hell, Weizen Dunkel, Karmentinus Heller Weizen-Doppelbock
- Spezielle Jahrgangsbiere: Impendium 2011, 2013, 2015, 2017
- Bier-Mischgetränke Radler: Alkoholfrei, Natur-trübe Varianten
- Alkoholfreie Getränke: Frucade, Handelsware


Projektbeteiligte:

Wesentliche Partner und Lieferanten für die benötigten Komponenten sind im Folgenden mit ihren jeweiligen Themenbereichen angegeben.


Prozess-Wärme: Mikrogasturbine

Karl Lausser GmbH Hauptstraße 20, Pilgramsberg 94372 Rattiszell	 www.lausser.de
---	--


Prozess-Wärme: Kessel

Viessmann Climate Solutions SE Viessmannstraße 1 35108 Allendorf (Eder)	 www.viessmann.de
---	--


Prozess-Kälte: Naturkälteanlage

ZIEMANN HOLVRIEKA GmbH Schwieberdinger Str. 86 71636 Ludwigsburg, Deutschland	 www.ziemann.com
---	---

Prozess-Kälte: Absorptionskälte

Trane Klima- und Kältetechnisches Büro GmbH Pionierstraße 3 82152 Krailling	 www.trane-roggenkamp.de
--	---

Biogasanlage

AQANA B.V. P.O. Box 2013 Smidsstraat 2 8600 CA Sneek, Netherlands	 aqana www.aqana.com
--	---

Projektplanung, technische Umsetzung, Administrative Unterstützung

Ingenieurbüro Albert Link Dorfstraße 17 84072 Au i. d. Hallertau	Spitzmüller AG Brambachstr. 12 77723 Gengenbach
--	---

Darüber hinaus waren Bau-, Handwerks- und Elektrobetriebe aus der Region bei der Umsetzung beteiligt.

1.2 Ausgangssituation

Ausgelöst durch die Energiediskussion und im Hinblick auf hohe Versorgungssicherheit hat die Karmeliten Brauerei Karl Sturm GmbH mit den Partnern bereits im Jahr 2013 ein umfassendes Gesamtkonzept zur Energie- und Ressourcen-Einsparung entwickelt.

Die Maßnahmen, die mit dem Konzept verbunden sind, dienen langfristig zur Zukunftssicherung der Brauerei, der Arbeitsplatzsicherung von und der Senkung der Energiekosten, um auch künftig das vielfach ausgezeichnete Bier der Karmeliten Brauerei wirtschaftlich am Markt anbieten zu können.

Das hier vorgestellte Konzept für eine energieautarke Brauerei, sollte als Leitfaden für die energetische Sanierung und Optimierung von Prozessabläufen in einer Brauerei dienen und wurde durch den Antragsteller erstmalig umgesetzt.

Das Konzept umfasste die gesamte Brauerei. In dieser Konsequenz wurde erstmalig eine Brauerei weltweit interdisziplinär betrachtet. Das Konzept basierte auf vielen innovativen Ansätzen sowie auf einer neuartigen Kombination und Berücksichtigung bereits bewährter Technologien.

Am 10. März 2013 wurde der Ansatz für die „Energieautarke Brauerei mit optimaler Rohstoffnutzung“ mit dem „Bundespreis für hervorragende innovatorische Leistungen für das Handwerk 2013“ durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Technologie ausgezeichnet.

Dank der Förderung im Rahmen des BMUV-Umweltinnovationsprogramms im Projektzeitraum 25.11.2015 – 31.12.2021 konnten die wesentlichen geplanten Ansätze auch umgesetzt und bewertet werden.

In der folgenden Abbildung 1 ist die Ausgangssituation dargestellt.

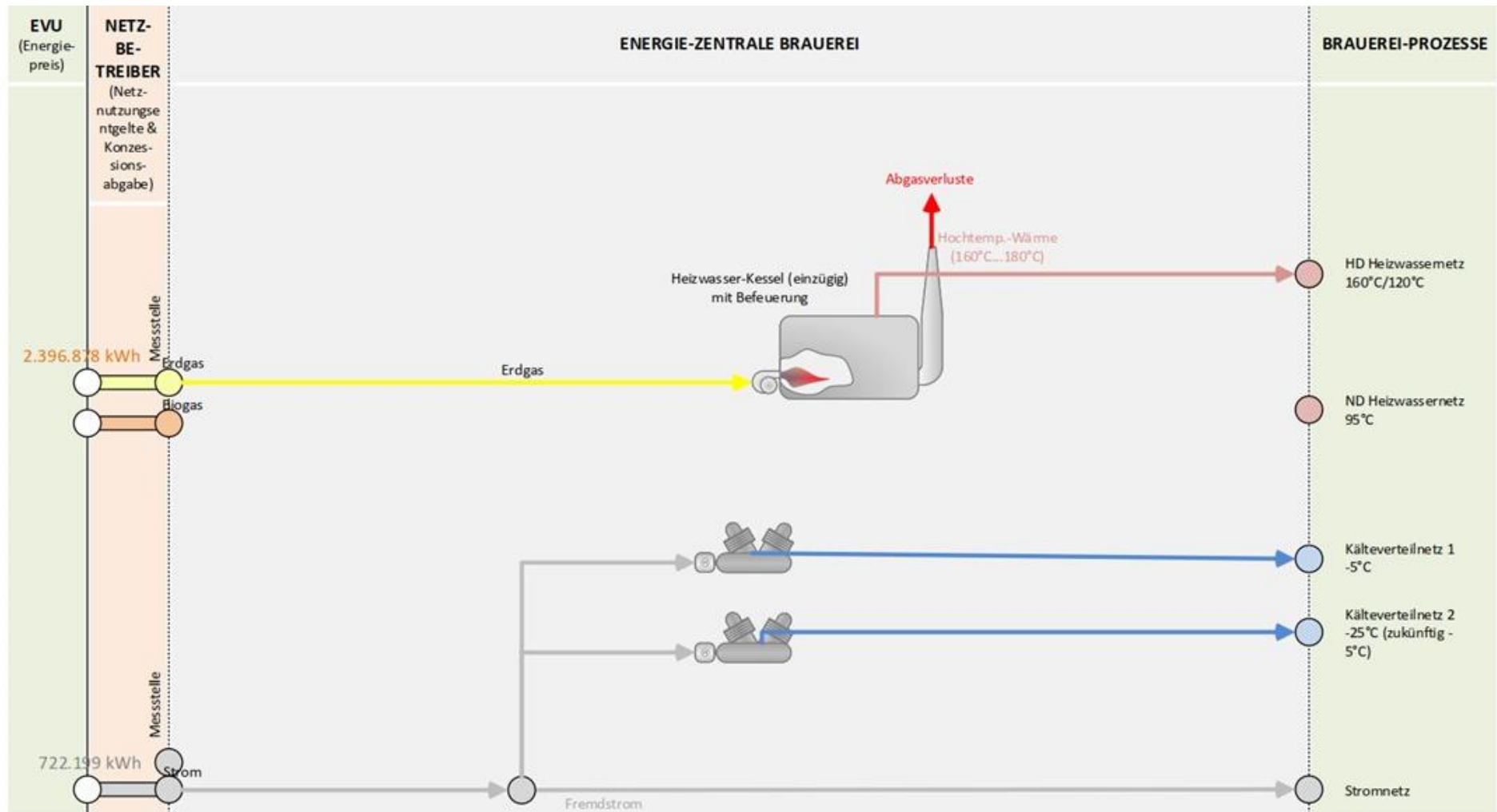


Abbildung 1: Energiezentrale vor Umsetzung des Vorhabens (IST-Zustand)

Für die Bereitung von Bier wird an verschiedenen Stellen Wärme und Kälte benötigt. Die Prozessschritte und der jeweilige Bedarf an Wärme bzw. Kälte sind die Folgenden:

- [Wärme] Maischen in beheizten Maischbottichpfannen zur Lösung der Malzinhaltsstoffe.
- [Wärme] Läutern zur Trennung der Würze (flüssige Maischebestandteile) vom Treber (feste Maischebestandteile).
- [Wärme] Kochen der Würze zur Verdampfung von überschüssigem Wasser. In diesem verfahrenstechnischen Schritt werden auch Enzyme inaktiviert, Stickstoff koaguliert und die Würze sterilisiert. Mit der Zugabe von Hopfen unter Kochtemperatur können Bitterstoffe gelöst werden.
- Whirlpools als Sedimentationsprozess, welcher durch eine schnelle Drehbewegung des Flüssigkeitskörpers ausgelöst wird, um die nicht gelösten Hopfenbestandteile und koaguliertes Eiweiß aus dem Braumalz und Malzreste aus der Würze zu entfernen.
- [Kälte] Kühlen der heißen Würze in kurzer Zeit, damit die zum Gären zugegebene Hefe keinen Schaden nimmt und die Sterilität aufrechterhalten wird.
- [Kälte] Gären unter Zugabe von Hefe erfolgt gekühlt über einen längeren Zeitraum die Umwandlung von vergärbarem Zucker in Alkohol und Kohlensäure.
- [Kälte] Lagern nach der Hauptgärung in gekühlten Lagertanks. Je nach Biersorte ist die Lagerzeit unterschiedlich lang.
- Filtrieren zur Entfernung der restlichen Hefezellen und Trübungsstoffe aus dem Bier.
- [Kälte] Drucktank zur weiteren gekühlten Lagerung des Biers.
- [Wärme] Abfüllung in Flaschen. Hierzu müssen alle Reststoffe und Keime aus den Flaschen bei hoher Temperatur entfernt werden.
- [Wärme] Abfüllung in Fässer. Hierzu müssen alle Reststoffe und Keime aus den Fässern bei hoher Temperatur entfernt werden.
- Lager für die fertigen abgefüllten Flaschen und Fässer für den Versand und Verkauf.

Prozesswärme:

Die Prozesswärmeerzeugung erfolgte über einen Heizwasserkessel. Vom Kesselhaus werden alle Wärmeverbraucher zentral über ein wasserbasiertes Hochtemperaturnetz mit einer Betriebstemperatur von 160°C bei einem Arbeitsdruck von 8bar(ü) versorgt.

- Kessel Hersteller: Eisenwerk Theodor Loos, Thermische Leistung: 2900 kW
- Brennerhersteller: Max Weishaupt, Öl/Gas-Kombibrenner: Betrieb nur mit Erdgas mit Brennerbegrenzung bei 2300 kWh

Prozesskälte:

Die Kälteverbraucher der Brauerei werden derzeit zentral aus der Kältezentrale versorgt. Installiert sind dabei zwei Kältekompressoren (parallel geschaltet) mit einem gemeinsamen wassergekühlten Rückkühler für die Direktverdampfer (Raumkühlungen) und ein Kältekompressor mit einem wassergekühlten Rückkühler für die Eiswasserbereitung (Sole).

- Raumkühlungen: baugleiche Kompressoren Hersteller Gebr. Plersch mit Volumenstrom jeweils 111,7 m³/h, 1 Rückkühler Fa. Bitzer/Gebr. Plersch und Puffer Gebr. Plersch, Direktverdampfer
- Eiswasser: Kompressor Hersteller Gebr. Plersch mit Volumenstrom 142,1 m³/h, Rückkühler Fa. Bitzer und Puffer Gebr. Plersch, Verdampfer im Eiswasserbehälter

Abwasserentsorgung:

Die geringen Anteile der beim Brauprozess anfallenden Reststoffe (z.B. Malz) gelangen durch Spül- und Reinigungsvorgänge ins Abwasser und belasten dieses organisch. Es besteht ein Misch-Ausgleichsbehälter zur pH-Wert Einstellung zur Sicherstellung der Einleitungsgrenzwerte.

Steuerungs- und Automatisierungstechnik:

Die Steuerung der Wärmeerzeugung erfolgte mittels einer Relaissteuerung. Ebenso erfolgte auch die Steuerung der Kältezentrale durch eine Relaissteuerung und Zeitschaltuhren. Es bestand keine Automatisierung mittels SPS. Zur Messung bestanden die Hauptzähler für Erdgas und Strom sowie Wasseruhren. Weitere Messeinrichtungen, wie z.B. lokale Wärmemengen- oder Elektrozähler bestanden nicht.

Die detaillierten Angaben zur Energiebilanz sind in Kapitel 3.2 Stoff- und Energiebilanz gemacht.

2. Vorhabenumsetzung

2.1 Ziel des Vorhabens

Die Zielsetzung des Projektes lag in den folgenden Punkten:

- Einsatz von Sonnenenergie mittels Fresnel Sonnenkollektoren (Solare Prozesswärme)
- Eigenerzeugung von elektrischem Strom durch Mikrogasturbine
- Speicherung von Wärmeenergie in Hochtemperatur-Speichern (Lastspitzenabbau, Entlastung Versorgungsnetze)
- Rückführung und Nutzung von bereits verwendeter Prozesswärme
- Erneuerung der Kälteversorgung zur Verwendung von Naturkälte
- Speicherung von Kälte in Eisspeichern (Lastspitzenausgleich)
- Kälteerzeugung aus Wärme (Absorptionskältemaschine)
- Verwendung von Biogas aus Klärwerken sowie energetische Verwertung organischer Reststoffe als Wertstoffe (Abwasser)
- Erfassen, Auswerten, Analysieren von Energieverbräuchen und vorausschauend energetische Produktionsauftragsplanung

2.2 Technische Lösung (Auslegung und Leistungsdaten)

In der Abbildung 2 ist die zum Zeitpunkt der Antragstellung im Jahr 2015 geplante Umsetzung dargestellt. Aufgrund von technischen, wirtschaftlichen und öffentlichen Gründen musste die ursprüngliche Planung im Laufe des Projektes angepasst werden. In Abbildung 3 und Abbildung 4 ist die abschließend umgesetzte Lösung dargestellt.

Tabelle 1: Erläuterung der in den Systembildern verwendeten Abkürzungen

Abkürzung	Bedeutung	Abkürzung	Bedeutung
BG	Biogasleitung mit Puffer	KNH3	Kälte Ammoniak
EQ	Tank+Kalamitäten Tank	PDK	Pfannendunstkondensator
RC	Rezirkulationsbehälter	EL	Entlader
DACS	Fermenter (Reaktor) anaerob	AP	Auspacker
MBBR	Oxidationsstufe aerob	RM	Reinigungsmaschine (Flaschen)
B	Brauwassermischer/Booster	R	Reinigung (Fässer)
V	Hochdruckverteiler	I	Inspector
WHT	Wärme Hochtemperatur	FÜ	Füller
WNT	Wärme Niedertemperatur	ET	Etikettierer
ASK	Absorptionskältemaschine	EP	Einpacker
KEW	Kälte Eiswasser	BL	Belader

Wärme-/Kälte- Konzept

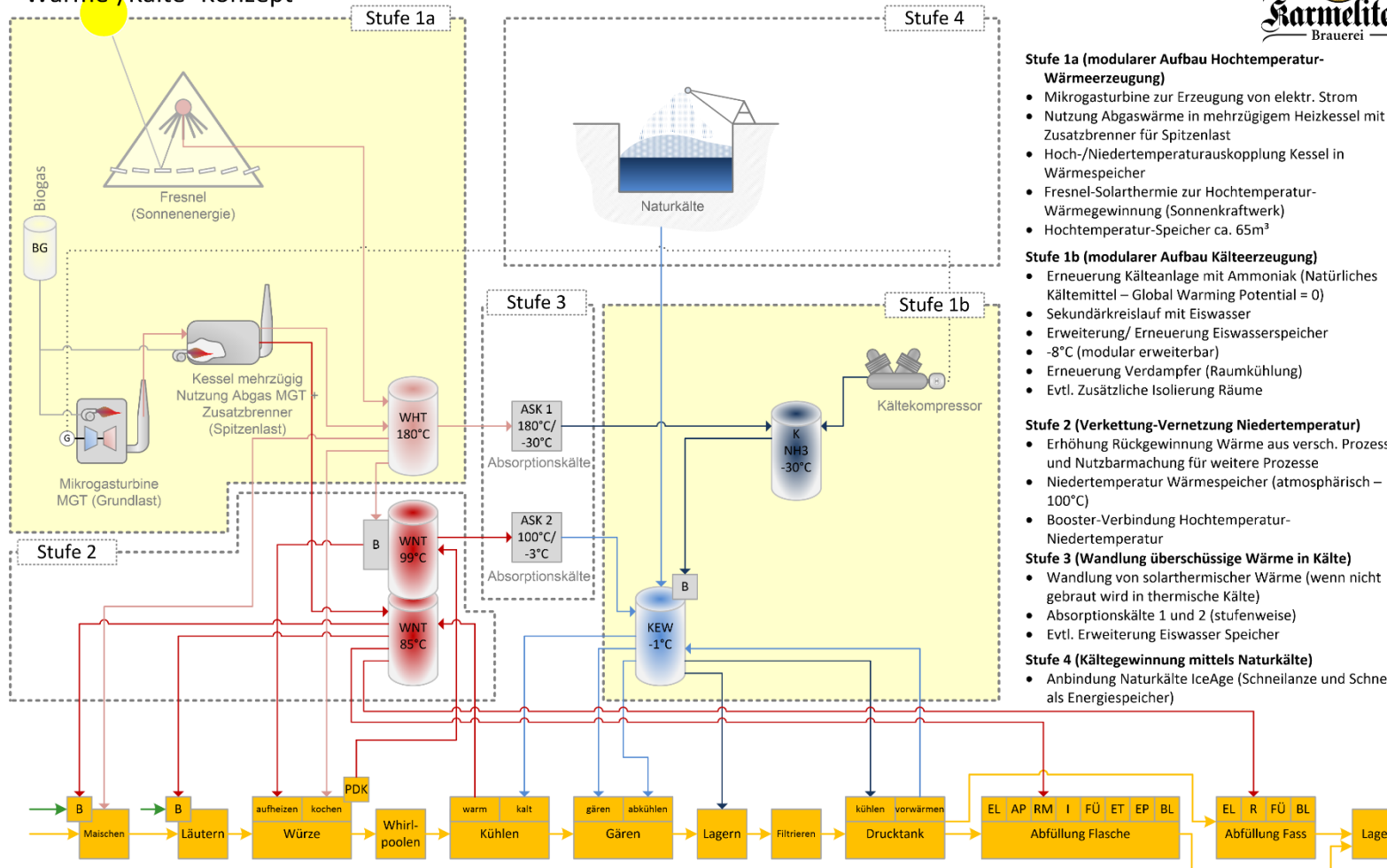


Abbildung 2: Geplante Energieversorgung nach Durchführung des Projekts bei Antragstellung (Prozessuale Einordnung)

ENERGIEAUTARKE KARMELOTEN BRAUEREI STRAUBING



Energieströme (heute)
(ohne Rückgewinnungsmaßnahmen aus Brauereiprozessen)

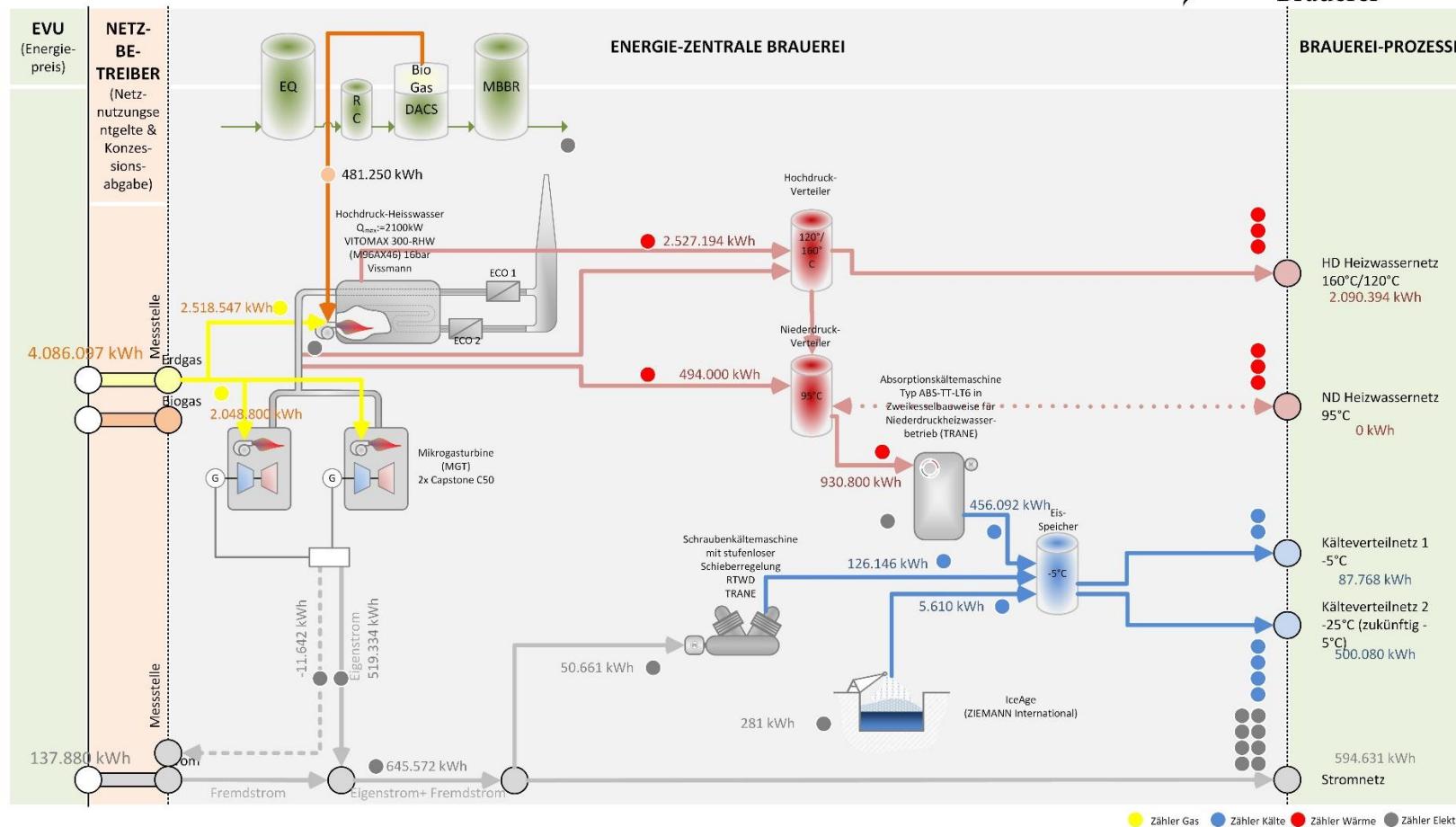
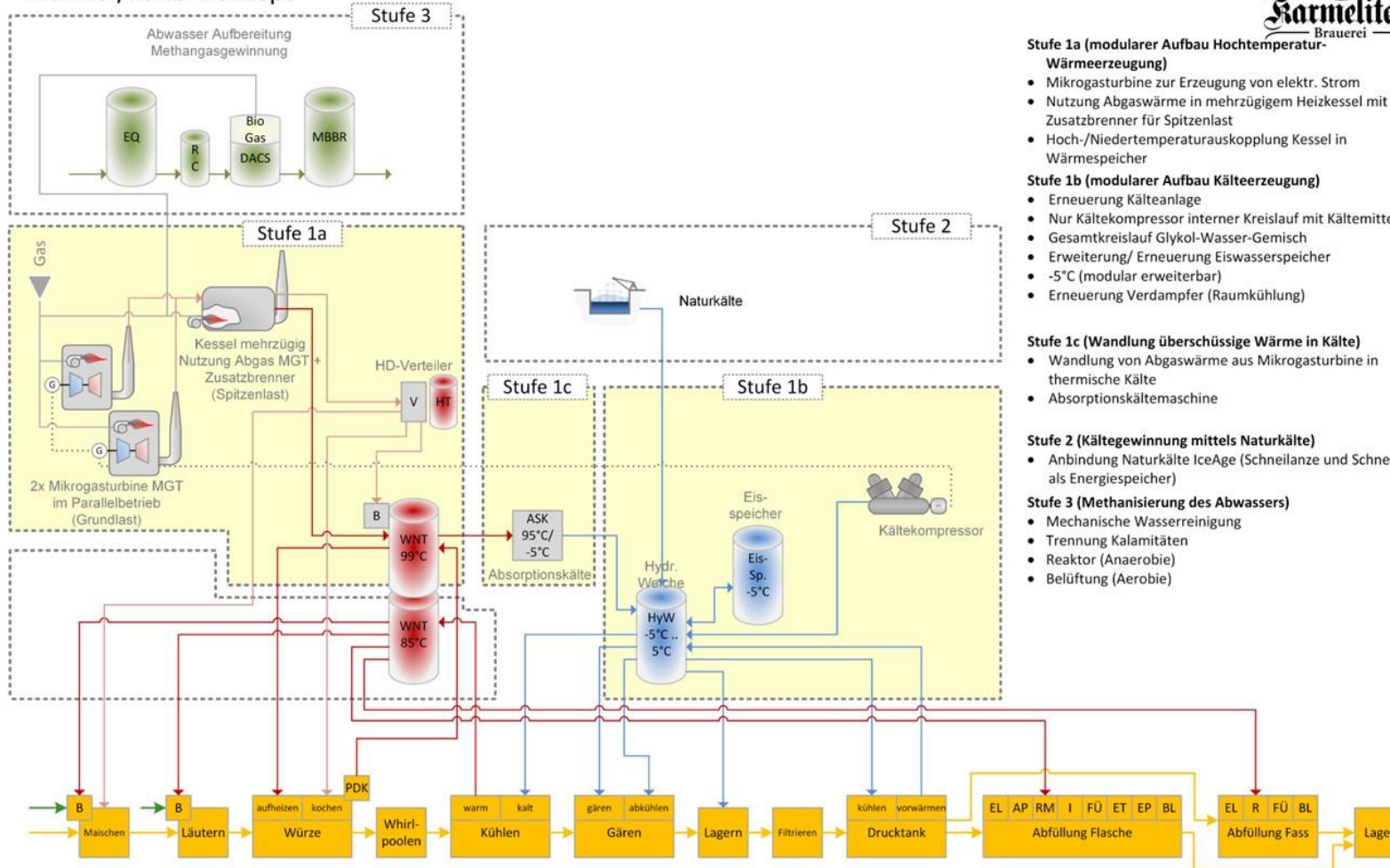


Abbildung 3: Umgesetzte Energieversorgung nach Durchführung des Projekts (Energetische Betrachtung)

Wärme-/Kälte- Konzept



Stufe 1a (modularer Aufbau Hochtemperatur-Wärmeerzeugung)

- Mikrogasturbine zur Erzeugung von elektr. Strom
- Nutzung Abgaswärme in mehrzünftigem Heizkessel mit Zusatzbrenner für Spitzenlast
- Hoch-/Niedertemperaturauskopplung Kessel in Wärmespeicher

Stufe 1b (modularer Aufbau Kälteerzeugung)

- Erneuerung Kälteanlage
- Nur Kältekompressor interner Kreislauf mit Kältemittel
- Gesamtkreislauf Glykol-Wasser-Gemisch
- Erweiterung/ Erneuerung Eiswasserspeicher
- -5°C (modular erweiterbar)
- Erneuerung Verdampfer (Raumkühlung)

Stufe 1c (Wandlung überschüssige Wärme in Kälte)

- Wandlung von Abgaswärme aus Mikrogasturbine in thermische Kälte
- Absorptionskältemaschine

Stufe 2 (Kältegewinnung mittels Naturkälte)

- Anbindung Naturkälte IceAge (Schneelanze und Schnee als Energiespeicher)

Stufe 3 (Methanisierung des Abwassers)

- Mechanische Wasserreinigung
- Trennung Kalamitäten
- Reaktor (Anaerobie)
- Belüftung (Aerobie)

Abbildung 4: Umgesetzte Energieversorgung nach Durchführung des Projekts (Prozessuale Einordnung)

Der in den Abbildungen dargestellte Brauprozess wurde bereits in Kapitel 1.2 Ausgangssituation beschrieben.

Das umgesetzte System besteht aus den folgenden Teilaspekten:

Modularer Aufbau Hochtemperatur Wärmeerzeugung:

- Hochtemperatur-Warmwasserkessel 2MW_{th} . Viessmann Typ Vitomax 300 mit ($160^{\circ}\text{C}/140^{\circ}\text{C}$ bzw. $140^{\circ}\text{C}/120^{\circ}\text{C}$) mit 4 Zügen (3 für direkte Befeuerung mittels 2 Stoff Brenner und 4ter Zug für Abhitze aus Abgas der Mikrogasturbinen).
- Nachgeschaltete Economizer zur weiteren Auskühlung des jeweiligen Rauchgases und zusätzlichen Verwertung der Abwärme.
- Zweistoff-Brenner zur Nutzung von Erdgas als auch Biogas aus eigener Abwasseraufbereitung zur Kappung der Spitzenlast.
- 2 parallel geschaltete Mikrogasturbinen der Firma Capstone Typ C50 mit je 192kW Feuerungsleistung zur Erzeugung von elektrischem Strom (50kW_{el}) stromgeführt und wärmebegrenzend betrieben.
- Nutzung der Turbinenwärme sowohl im Hochtemperaturbereich des Kessels, also bei 140°C bis 160°C als auch im Niedertemperaturbereich (kleiner 100°C) des nachgeschalteten Economizers.
- Niedertemperaturskopplung in Wärmespeicher zur weiteren Nutzung in der Absorptionskältemaschine.

Modularer Aufbau Kälteerzeugung:

- Erneuerung und Modularisierung der Kälteanlage zur Nutzung verschiedener Kälteerzeugungsanlagen.
- Substitution des Direktverdampfungssystems der Raumkühler durch ein Wasser- Glykolsystem mit geringerem Temperaturniveau ($-5^{\circ}\text{C}/0^{\circ}\text{C}$).
- Verzicht auf elektrische Abtauvorrichtungen; stattdessen Nutzung der Wärme aus Würzekühler für den Abtauvorgang.
- Einbindung von 2 parallel geschalteten Eisspeichern (je. $405\text{kWh}_{\text{th}}$ Kapazität) Typ Calmax zur Lastspitzendeckelung bei Kühlvorgängen in der Produktion.
- Nutzung von natürlicher Kälte Ziemann IceAge in den Wintermonaten zur Kühlung von Würze.
- Grundversorgung des Glykolkältekreislaufs ($-5^{\circ}\text{C}/0^{\circ}\text{C}$) über eine modifizierte LiBr-Absorptionskältemaschine Trane Thermax 50kW_{th} , die in diesem Temperaturbereich arbeiten kann.
- Lastspitzendeckung des Glykolkältekreislaufs ($-5^{\circ}\text{C}/0^{\circ}\text{C}$) über eine mit natürlichem Kältemittel ausgestattete Kompressionskältemaschine Trane Typ G-RASK (Propan) mit 4 Verdichtereinheiten á 65kW_{th} und direkter Übertragung auf das Kälteübertragungsmedium Wasser-Glykol.

Wandlung überschüssige Wärme in Kälte:

- Einsatz einer modifizierten LiBr-Absorptionskältemaschine Trane Thermax zur Nutzung von Niedertemperaturwärme ($\sim 100\text{kW}_{\text{th}}$ - $95^\circ\text{C}/85^\circ$) und Bereitstellung von Kälte im Temperaturbereich ($\sim 50\text{kW}_{\text{th}}$ - $0^\circ\text{C}/-5^\circ\text{C}$).
- Wärmenutzung aus kesselnachgeschaltetem Economizer der Turbinenabgaswärme.

Kältegewinnung mittels Naturkälte:

- Einbindung von Naturkälte Ziemann IceAge (Schneilanze und Schnee als Energiespeicher)

Methanisierung des Abwassers durch Biogasanlage:

- Aufbereitung des brauereieigenen Abwassers zur Qualität des häuslichen Abwassers durch Methanisierung organischer Bestandteile des Wassers bestehend aus:
 - Mechanische Wasserreinigung
 - Trennung Kalamitäten
 - Reaktor Anaerobie
 - Belüftung Aerobie
- Aqana-Verfahren lässt unterschiedliche Massenströme ohne Zerstörung der aeroben Flora im Reaktor (→ Mikroorganismen können sich „schlafen legen“) zu
- Vernachlässigbare Geruchsbelästigungen durch Aqana-Verfahren

2.3 Umsetzung des Vorhabens

Die Abbildung 5 zeigt den chronologischen Ablauf des Vorhabens mit den wesentlichen Meilensteinen.





Abbildung 5: Chronologischer Ablauf des Vorhabens mit den wesentlichen Meilensteinen

In der Folge werden die technischen Lösungen aufgezeigt, welche im Rahmen des Projektes umgesetzt werden konnten. Die Gliederung orientiert sich anhand der ursprünglich geplanten Zielsetzung (vgl. 2.1 Ziel des Vorhabens).

Einsatz von Sonnenenergie mittels Fresnel Sonnenkollektoren (Solare Prozesswärme)

Im Verlauf des Projektes wurde festgestellt, dass nur eine kleinere als ursprünglich geplante Fläche für die Fresnel Sonnenkollektoren nutzbar gemacht werden könnte und gleichzeitig der Anbieter den Preis des Systems signifikant erhöht hatte. Dadurch verringerte sich der Anteil des Wärmebedarfes, der durch das System abgedeckt werden könnte, signifikant auf unter 5%, bei einer gleichzeitigen Amortisationszeit von knapp 55 Jahren. In Abstimmung mit dem Projektträger wurde diese Maßnahme nicht umgesetzt.

Eigenerzeugung von elektrischem Strom durch Mikrogasturbine

Mit der ursprünglich geplanten und installierten Mikrogasturbine der Firma Dürr konnte kein zuverlässiger Betrieb erreicht werden und es erfolgte eine Rückabwicklung. Nach entsprechender Umplanung wurden zwei Mikrogasturbinen der Firma Capstone durch die Firma Lausser installiert und erfolgreich in Betrieb genommen.

→ Siehe auch Abbildung 6.

Speicherung von Wärmeenergie in Hochtemperatur-Speichern (Lastspitzenabbau, Entlastung Versorgungsnetze)

Im Wesentlichen bedingt durch den Wegfall der Solarthermie wurde diese Maßnahme nicht umgesetzt. Das gesamte Wärmenetz incl. Pufferspeichern innerhalb der Brauerei übernimmt die nötige Speicherung der anfallenden Wärmemengen. Das bestehende Ringnetz ist daher so dimensioniert, dass auch über das Wochenende genügend Wärme der Mikrogasturbinen im Teillastbetrieb aufgenommen werden kann.

→ Siehe auch Abbildung 7.

Rückführung und Nutzung von bereits verwendeter Prozesswärme

In Kombination mit den Mikrogasturbinen wird für die Wärmeversorgung und auch die Nutzung der Abwärme von Rauchgas der 4-zügige Kessel der Firma Viessmann mit Dual-Fuel betrieben. Die weiteren im Rahmen des Vorhabens zur Abwärmegewinnung geplanten Maßnahmen wurden noch nicht umgesetzt, sind jedoch Gegenstand kontinuierlicher Energieeffizienzmaßnahmen, welche in den nächsten Schritten im Rahmen von Ersatz- bzw. Erweiterungsinvestitionen angegangen werden.

→ Siehe auch Abbildung 8.

Erneuerung der Kälteversorgung zur Verwendung von Naturkälte

Die Einbindung einer Naturkälteerzeugung der Firma ZIEMANN HOLVRIEKA mittels Schneeerzeugung und Energiespeicherung (Eisgletscher) in den Wintermonaten wurde erfolgreich installiert und umgesetzt. Ebenso wurde das gesamte Kälte-Verteil- und -Kühlsystem für die neuen Technologien erneuert.

→ Siehe auch Abbildung 9.

Speicherung von Kälte in Eisspeichern (Lastspitzenausgleich)

Zur Kappung von Leistungsspitzen und zur gleichmäßigen Erzeugung der Kälte wurde ein Eisspeicher zur Pufferung und Entkopplung der Erzeugung und der Abnahme umgesetzt.

→ Siehe auch Abbildung 10.

Kälteerzeugung aus Wärme (Absorptionskältemaschine)

Die Absorptionskälteerzeugung der Firma trane wurde nach größeren Herausforderungen bzgl. der Einstellung der Betriebsparameter in Betrieb genommen und in das Kältenetz integriert.

→ Siehe auch Abbildung 11 und Abbildung 12.

Verwendung von Biogas aus Klärwerken sowie energetische Verwertung organischer Reststoffe als Wertstoffe (Abwasser)

Aus technischen und administrativen Gründen konnte keine Leitungsverbindung zur Kläranlage der Stadt umgesetzt werden. Dadurch musste eine Alternative gefunden werden, wie aus dem Abwasser selbst Biogas gewonnen werden kann. In Abstimmung mit dem Projektträger wurde eine hochinnovative anaerobe Biogasanlage der Firma aqana installiert und erfolgreich in Betrieb genommen.

→ Siehe auch Abbildung 13 und Abbildung 14.

Erfassen, Auswerten, Analysieren von Energieverbräuchen und vorausschauend energetische Produktionsauftragsplanung

Für die optimale Ausnutzung der unterschiedlich bereitgestellten erneuerbaren Energieformen wurde die entsprechende Messtechnik installiert und auch die Visualisierung umgesetzt. Eine vollautomatische Lösung wie ursprünglich angedacht wäre zu überdimensioniert und die für einen kleinen Brauereibetrieb angepasste schlanke assistierende Lösung leistet gute Dienste.

→ Siehe auch Abbildung 15 und Abbildung 16 und Abbildung 17.

In den folgenden Abbildungen sind die wesentlichen relevanten Komponenten und deren Umsetzung dargestellt.

Wärmeversorgung



Abbildung 6: Mikrogasturbine



Abbildung 7: Pufferspeicher



Abbildung 8: 4-zügiger Kessel mit Dual-Fuel

Kälteversorgung



Abbildung 9: Natur-Kälteanlage



Abbildung 10: Kälteanlage-Zentrale mit Absorber und Eisspeicher



Abbildung 11: Kälteanlage-Zentrale mit Absorber, Pumpenstation und Glykol-Nachspeisung



Abbildung 12: Propankälteanlage und Absorber-Kühlturm (auf Dach)

Alternative Energieversorgung, Alternative Abwasserentsorgung



Abbildung 13: Anaerobe Biogasanlage



Abbildung 14: Laboreinrichtung für Biogasanlage

Steuerungs-u. Automatisierungstechnik

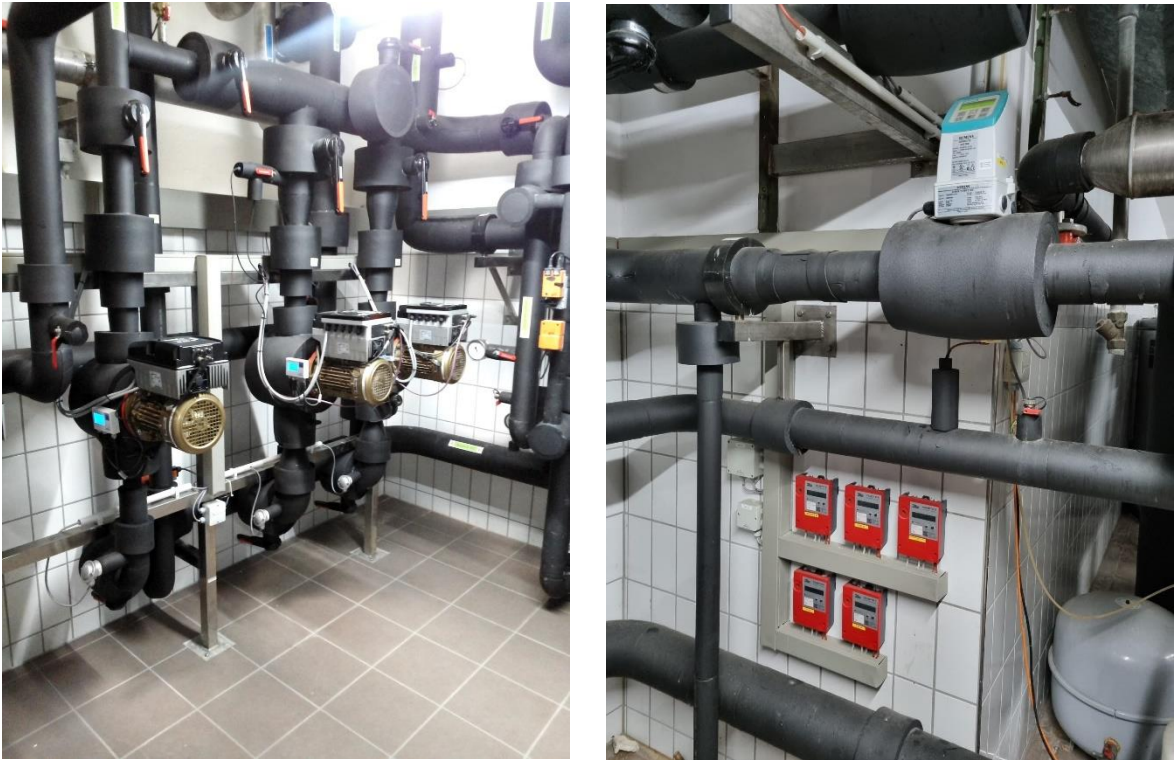


Abbildung 15: Erfassung relevanter Energiedaten (exemplarisch)



Abbildung 16: Visualisierung



Abbildung 17: Ampelkonzept zur kaskadierten Abschaltung einzelner Systeme zur Nivellierung des Energieverbrauches (Lastmanagement)

2.4 Behördliche Anforderungen (Genehmigungen)

Im Folgenden wird Stellung zu wesentlichen behördlichen Anforderungen bezogen:

Brandschutz	keine besonderen Auflagen
BImSchG	war nicht erforderlich aufgrund der Größenordnung der Betriebsstätte
TA Luft	wurde berücksichtigt und mit lokalen Behörden abgestimmt
Baugenehmigung	nur für Biogasanlage erforderlich
TÜV	war für Kessel als gutachterliche Stellungnahme (Feuerstätten- und Druckgeräte-richtlinie) erforderlich

Insgesamt kann gesagt werden, dass die behördlichen Anforderungen als minimal eingeschätzt werden können.

2.5 Erfassung und Aufbereitung der Betriebsdaten

Zur Erfassung der Betriebsdaten wurden bestehende und im Rahmen des Messprogramms ergänzte Zähler bzw. Messeinrichtungen für Gas- und Strommengen sowie Wärme- bzw. Kältemengen verwendet. Da zum Vorhabensende noch nicht alle technischen Komponenten in einem dauerhaften stabilen Betrieb waren und deshalb bislang noch keine Langzeitmessungen durchgeführt werden konnten, mussten zum Teil über kleinere Zeiträume erfasste oder im Rahmen einer temporären Messung gewonnene Werte hochgerechnet oder interpoliert werden. Es kann aber davon ausgegangen werden, dass die Berechnungen eine realistische Abschätzung der erzielten Ergebnisse ermöglichen und der Nutzen der durchgeführten Maßnahmen darstellbar ist. Im Rahmen des kontinuierlichen Monitorings werden die Messdaten fortwährend dokumentiert.

2.6 Konzeption und Durchführung des Messprogramms

Im Rahmen des Messprogrammes wurden Zähler bzw. Messeinrichtungen für Gas- und Strommengen sowie Wärme- bzw. Kältemengen gemäß der Abbildung 3 an den relevanten Stellen lokalisiert und technisch umgesetzt.

Eine detaillierte Beschreibung befindet sich im Anhang unter 7.1 Beschreibung des Verfahrens zur fortschreibenden Ermittlung von Energie- und Mediendaten.

Gegenüber der ursprünglichen Planung einer Biogasleitung vom Klärwerk und dem vollständigen Bezug von Klärgas, kommt jetzt eine Biogasanlage zum Einsatz. Das dort erzeugte Biogas wird rein für den Kessel verwendet.

Da deshalb die Mikrogasturbinen jetzt nicht mit Klärgas betrieben werden, wurde keine zusätzliche Messung in Form des ursprünglich angedachten Emissionsmessprogrammes durchgeführt. Der Betrieb erfolgt mit konventionellem Erdgas und es hätten sich daraus keine neuen Erkenntnisse ergeben.

Aus dem Grund, dass die Mikrogasturbinen bei einem Lambda Wert > 1 betrieben werden, konnten bei den Rauchgasmessung des Schornsteinfegers alle Anforderungen erfüllt werden.

3. Ergebnisdarstellung zum Nachweis der Zielerreichung

3.1 Bewertung der Vorhabendurchführung

Das Vorhaben war von einigen technischen und organisatorischen Herausforderungen sowie zusätzlich nahezu zwei Jahren einer weltweiten Pandemie geprägt. Diese Umstände haben zu zahlreichen Verzögerungen inhaltlicher und zeitlicher Ausprägung geführt. Eine detailliertere Beschreibung findet sich unter 4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung.

Trotz dieser Herausforderungen sind gerade aus heutiger Sicht die Umweltinnovationsmaßnahmen und die erstmals in dieser Form erprobten ineinandergreifenden Technologien der Wärme-, Kälte- und Biogaserzeugung ein wegweisender Schritt.

Obwohl die Karmeliten Brauerei Straubing eine kleine Brauerei ist, hat das Vorhaben international Interesse auch bei sehr großen Brauereien geweckt. Technologien, welche zu Beginn des Vorhabens noch großes Neuland dargestellt haben (insbesondere Mikrogasturbine, Absorptionskälteanlage, anaerobe Biogaserzeugung) sind inzwischen etabliert oder gerade im Durchbruch in der Anwendung.

Auch die im Rahmen des Vorhabens gegenüber der ursprünglichen Planung nicht umgesetzten Punkte haben wichtige Erkenntnisse gebracht und konnten im Rahmen des Vorhabens evaluiert werden.

Auch nach dem Abschluss des Vorhabens werden für die Zukunft weitere Maßnahmen angestoßen werden und die bereits seit 2013 bestehenden Ideen und Pläne könnten aus heutiger Sicht nicht relevanter sein, da sich aktuell die gesamte Gesellschaft in Deutschland und Europa in einer signifikanten Energiekrise befindet.

Auch über die Zusammenarbeit mit den beteiligten Firmen kann - bis auf eine Ausnahme - nur ein positives Resümee gezogen werden. Alle haben trotz der anspruchsvollen Rahmenbedingungen stets das Projekt unterstützt.

Auch die KfW und das Umweltbundesamt erwiesen sich bei den Änderungen und Verzögerungen als hervorragend unterstützende und geduldige Partner in der fördertechnischen Abwicklung.

3.2 Stoff- und Energiebilanz

Als Berechnungsgrundlage sind in der folgenden Tabelle 2 für das Jahr der Ausgangssituation 2013, auf deren Basis die Antragsstellung erfolgte, sowie für das Jahr des Projektabschlusses 2021, alle relevanten Werte angegeben.

Tabelle 2: Berechnungsgrundlagen

Faktoren	2013		2021	
	Preis	CO2	Preis	CO2
Strom	0,1795 €/kWh	0,600 kg/kWh	0,1013 €/kWh	0,485 kg/kWh
Erdgas	0,0491 €/kWh	0,201 kg/kWh	0,0415 €/kWh	0,201 kg/kWh
Biogas eigen	0,0000 €/kWh	0,000 kg/kWh	0,0000 €/kWh	0,000 kg/kWh

Produktionsmenge	2013	2021
Bier	34.670 hl	55.563 hl
AfG	11.926 hl	3.538 hl
Menge	40.633 hl	57.332 hl

Die Produktionsmenge errechnet sich aus hl Bier + 0,5 x hl Alkoholfreie Getränke

Die Ausgangssituation aus Abbildung 1 hat dabei die folgenden Kenndaten. Welche in Tabelle 3 dargestellt sind.

Erläuterung zur Darstellung in den folgenden Tabellen:

In den Tabellen sind für die unterschiedlichen Zustände (IST 2013, IST 2013 hochgerechnet sowie IST 2021) die Energiebilanzen aufgetragen. In den grünen Zeilen wird der EVU Bezug angegeben und dann in den gelben Zeilen sowohl falls vorhanden die Erzeugung als auch die Wandlung in Kälte und Wärme mit den jeweiligen Aggregaten bilanziert. In den orangenen Zeilen ist dann der Verbrauch zusammengefasst nach Strombedarf, Wärme sowie Kältebedarf für die Produktherstellung bilanziert und ggf. auch die Abgabe (Strom an EVU).

Tabelle 3: IST ZUSTAND 2013 (Produktionsbasis 2013, CO2-Fakoren 2013, Preisbasis 2013)

IST ZUSTAND 2013 (Produktionsbasis 2013, CO2-Fakoren 2013, Preisbasis 2013)									
EVU Bezug	Strom fremd	Gas fremd	Summe						
	722.199 kWh	2.396.878 kWh	3.119.077 kWh						
	433.319 kg CO2	481.772 kg CO2	915.092 kg CO2						
	17,77 kWh/hl	58,99 kWh/hl	76,76 kWh/hl						
10,66 kg CO2 /hl	11,86 kg CO2 /hl	22,52 kg CO2 /hl							
129.635 €	117.687 €	247.321 €							
Energieerzeugung Wandlung Anlagen	Gaserzeugung		Gas intern	Wärmeerzeugung	Strom intern	Wärme HD	Wärme ND	Kälteerzeugung	Kälte
	-722.199 kWh				722.199 kWh				
	-433.319 kg CO2				433.319 kg CO2				
		-2.396.878 kWh		2.396.878 kWh					
		-481.772 kg CO2		481.772 kg CO2					
				-2.396.878 kWh	Kessel n=72%	1.725.752 kWh			
			-481.772 kg CO2		346.876 kg CO2				
					-282.231 kWh			Kompressions-	437.458 kWh
					-169.338 kg CO2			kälte	169.338 kg CO2
Verbrauch	Strom intern		Wärme HD		Wärme ND		Kälte		
	Abgabe an Produktion		0 kWh	-439.968 kWh	-1.725.752 kWh	0 kWh	-437.458 kWh		
			0 kg CO2	-114.648 kg CO2	-346.876 kg CO2	0 kg CO2	-169.338 kg CO2		
				-10,83 kWh/hl	-42,47 kWh/hl	0,00 kWh/hl	-10,77 kWh/hl		
			-2,82 kg CO2 /hl	-8,54 kg CO2 /hl	0,00 kg CO2 /hl	-4,17 kg CO2 /hl			
Anteil kWh			16,90%	66,29%	0,00%	16,80%			

Im nächsten Schritt wurde die Ausgangssituation auf die Rahmenbedingungen in 2021 hochgerechnet und in Tabelle 4 dargestellt. Im Jahr 2021 war die Produktionsmenge deutlich höher, der CO2-Emissionsfaktor von Strom hatte sich reduziert und die Energiepreise waren ebenfalls gegenüber 2013 geringer.

Hierbei sei angemerkt, dass ab 2023 deutlich höhere Erdgas- und Strompreise aufgerufen werden. Staatliche Preisbremsen sind aktuell in der Ausarbeitung.

Tabelle 4: IST ZUSTAND 2013 umgerechnet auf 2021 (Produktionsbasis 2021, CO2-Fakoren 2021, Preisbasis 2021)

IST ZUSTAND 2013 umgerechnet auf 2021 (Produktionsbasis 2021, CO2-Fakoren 2021, Preisbasis 2021)									
EVU Bezug	Strom fremd	Gas fremd	Summe						
	1.019.002 kWh	3.381.926 kWh	4.400.928 kWh						
	494.216 kg CO2	679.767 kg CO2	1.173.983 kg CO2						
	17,77 kWh/hl	58,99 kWh/hl	76,76 kWh/hl						
8,62 kg CO2 /hl	11,86 kg CO2 /hl	20,48 kg CO2 /hl							
103.225 €	140.350 €	243.575 €							
Energieerzeugungs- Wandlungs- anlagen	Gaserzeugung		Gas intern	Wärmeerzeugung	Strom intern	Wärme HD	Wärme ND	Kälteerzeugung	Kälte
	-1.019.002 kWh				1.019.002 kWh				
	-494.216 kg CO2				494.216 kg CO2				
		-3.381.926 kWh		3.381.926 kWh					
		-679.767 kg CO2		679.767 kg CO2					
				-3.381.926 kWh		2.434.987 kWh			
				-679.767 kg CO2	Kessel n=72%	489.432 kg CO2			
						-398.220 kWh		Kompressions-	617.240 kWh
						-193.136 kg CO2		kälte	193.136 kg CO2
Verbrauch	Abgabe an Produktion		0 kWh		-620.783 kWh	-2.434.987 kWh	0 kWh		-617.240 kWh
			0 kg CO2		-161.765 kg CO2	-489.432 kg CO2	0 kg CO2		-193.136 kg CO2
					-10,83 kWh/hl	-42,47 kWh/hl	0,00 kWh/hl		-10,77 kWh/hl
					-2,82 kg CO2 /hl	-8,54 kg CO2 /hl	0,00 kg CO2 /hl		-3,37 kg CO2 /hl
	Anteil kWh				16,90%	66,29%	0,00%		16,80%

Das umgesetzte Ergebnis des Projektes aus Abbildung 3 hat dabei die folgenden Kenndaten, welche in Tabelle 5 dargestellt sind.

Tabelle 5: ST ZUSTAND 2021 (Produktionsbasis 2021, CO2-Faktoren 2021, Preisbasis 2021)

IST ZUSTAND 2021 (Produktionsbasis 2021, CO2-Faktoren 2021, Preisbasis 2021)									
EVU Bezug	Strom fremd	Gas fremd	Summe						
	137.880 kWh	4.086.097 kWh	4.223.977 kWh						
	66.872 kg CO2	821.305 kg CO2	888.177 kg CO2						
	2,40 kWh/hl	71,27 kWh/hl	73,68 kWh/hl						
	1,17 kg CO2 /hl	14,33 kg CO2 /hl	15,49 kg CO2 /hl						
13.967 €	169.573 €	183.540 €							
Energieerzeugungs- Wandlungsanlagen	Gaserzeugung		Gas intern	Wärmeerzeugung	Strom intern	Wärme HD	Wärme ND	Kälteerzeugung	Kälte
	-137.880 kWh				137.880 kWh				
	-66.872 kg CO2				66.872 kg CO2				
		-4.086.097 kWh		4.086.097 kWh					
		-821.305 kg CO2		821.305 kg CO2					
			Biogas	-481.250 kWh					
				0 kg CO2					
				-2.518.547 kWh	Kessel n=83%	2.090.394 kWh			
				-409.497 kg CO2		339.882 kg CO2			
				-2.048.800 kWh	MGT n=71%	519.334 kWh	436.800 kWh	494.000 kWh	
			-411.809 kg CO2		104.386 kg CO2	87.797 kg CO2	99.294 kg CO2		
					-436.800 kWh	-494.000 kWh		Absorptions-	456.092 kWh
						-87.797 kg CO2	-99.294 kg CO2	kälte	91.674 kg CO2
								Kompressions-	126.146 kWh
								kälte	13.201 kg CO2
								IceAge	5.610 kWh
									73 kg CO2
Verbrauch	Überschuss an EVU				-11.642 kWh				
					-3.034 kg CO2				
	Abgabe an Produktion		0 kWh		-594.631 kWh	-2.090.394 kWh	0 kWh		-587.848 kWh
			0 kg CO2		-154.950 kg CO2	-339.882 kg CO2	0 kg CO2		-104.949 kg CO2
					-10,37 kWh/hl	-36,46 kWh/hl	0,00 kWh/hl		-10,25 kWh/hl
				-2,70 kg CO2 /hl	-5,93 kg CO2 /hl	0,00 kg CO2 /hl		-1,83 kg CO2 /hl	
Anteil kWh				18,17%	63,87%	0,00%		17,96%	

3.3 Umweltbilanz

Auf Basis der vorausgehenden Bilanzierungen, wurde die neue Lösung der alten Lösung gegenübergestellt.

Neu: IST ZUSTAND 2021 (Produktionsbasis 2021, CO₂-Faktoren 2021, Preisbasis 2021)

Alt: IST ZUSTAND 2013 umgerechnet auf 2021 (Produktionsbasis 2021, CO₂-Faktoren 2021, Preisbasis 2021)

Tabelle 6: Gegenüberstellung der neuen und alten Lösung

Fremdbezug	Strom	Neu	Alt	Neu-Alt	Neu/alt
	Energiemenge elektrisch	137.880 kWh	1.019.002 kWh	-881.122 kWh	-86%
	CO ₂ -Emission	66.872 kg CO ₂	494.216 kg CO ₂	-427.344 kg CO ₂	-86%
	Spezifische Energiemenge	2,40 kWh/hl	17,77 kWh/hl	-15,37 kWh/hl	-86%
	Spezifische CO ₂ -Emission	1,17 kg CO ₂ /hl	8,62 kg CO ₂ /hl	-7,45 kg CO ₂ /hl	-86%
	Kosten	13.967 €	103.225 €	-89.258 €	-86%
	Gas	Neu	Alt	Neu-Alt	Neu/alt
	Energiemenge Energieträger	4.086.097 kWh	3.381.926 kWh	704.171 kWh	21%
	CO ₂ -Emission	821.305 kg CO ₂	679.767 kg CO ₂	141.538 kg CO ₂	21%
	Spezifische Energiemenge	71,27 kWh/hl	58,99 kWh/hl	12,28 kWh/hl	21%
	Spezifische CO ₂ -Emission	14,33 kg CO ₂ /hl	11,86 kg CO ₂ /hl	2,47 kg CO ₂ /hl	21%
	Kosten	169.573 €	140.350 €	29.223 €	21%
	Energie gesamt	Neu	Alt	Neu-Alt	Neu/alt
	Energiemenge	4.223.977 kWh	4.400.928 kWh	-176.951 kWh	-4%
	CO ₂ -Emission	888.177 kg CO ₂	1.173.983 kg CO ₂	-285.806 kg CO ₂	-24%
	Spezifische Energiemenge	73,68 kWh/hl	76,76 kWh/hl	-3,09 kWh/hl	-4%
	Spezifische CO ₂ -Emission	15,49 kg CO ₂ /hl	20,48 kg CO ₂ /hl	-4,99 kg CO ₂ /hl	-24%
Kosten	183.540 €	243.575 €	-60.035 €	-25%	
Eigenerzeugung	Gas	Neu	Alt	Neu-Alt	Neu/alt
	Energiemenge Trägerenergie	481.250 kWh	0 kWh	481.250 kWh	--
	CO ₂ -Emission	0 kg CO ₂	0 kg CO ₂	0 kg CO ₂	--
	Spezifische Energiemenge	8,39 kWh/hl	0,00 kWh/hl	8,39 kWh/hl	--
	Spezifische CO ₂ -Emission	0,00 kg CO ₂ /hl	0,00 kg CO ₂ /hl	0,00 kg CO ₂ /hl	--
	Strom	Neu	Alt	Neu-Alt	Neu/alt
	Energiemenge elektrisch	519.334 kWh	0 kWh	519.334 kWh	--
	CO ₂ -Emission	104.386 kg CO ₂	0 kg CO ₂	104.386 kg CO ₂	--
	Spezifische Energiemenge	9,06 kWh/hl	0,00 kWh/hl	9,06 kWh/hl	--
	Spezifische CO ₂ -Emission	1,82 kg CO ₂ /hl	0,00 kg CO ₂ /hl	1,82 kg CO ₂ /hl	--
Bezug	Bezug Gesamt	Neu	Alt	Neu-Alt	Neu/alt
	Energiemenge	5.224.561 kWh	4.400.928 kWh	823.633 kWh	19%
	CO ₂ -Emission	992.563 kg CO ₂	1.173.983 kg CO ₂	-181.420 kg CO ₂	-15%
	Spezifische Energiemenge	91,13 kWh/hl	76,76 kWh/hl	14,37 kWh/hl	19%
	Spezifische CO ₂ -Emission	17,31 kg CO ₂ /hl	20,48 kg CO ₂ /hl	-3,16 kg CO ₂ /hl	-15%

Verbrauch in der Produktion	Strom intern	Neu	Alt	Neu-Alt	Neu/alt
	Energiemenge elektrisch	594.631 kWh	620.783 kWh	-26.152 kWh	-4%
	CO2-Emission	154.950 kg CO2	161.765 kg CO2	-6.815 kg CO2	-4%
	Spezifische Energiemenge	10,37 kWh/hl	10,83 kWh/hl	-0,46 kWh/hl	-4%
	Spezifische CO2-Emission	2,70 kg CO2 /hl	2,82 kg CO2 /hl	-0,12 kg CO2 /hl	-4%
	Wärme intern	Neu	Alt	Neu-Alt	Neu/alt
	Energiemenge thermisch	2.090.394 kWh	2.434.987 kWh	-344.593 kWh	-14%
	CO2-Emission	339.882 kg CO2	489.432 kg CO2	-149.550 kg CO2	-31%
	Spezifische Energiemenge	36,46 kWh/hl	42,47 kWh/hl	-6,01 kWh/hl	-14%
	Spezifische CO2-Emission	5,93 kg CO2 /hl	8,54 kg CO2 /hl	-2,61 kg CO2 /hl	-31%
	Kälte intern	Neu	Alt	Neu-Alt	Neu/alt
	Energiemenge thermisch	587.848 kWh	617.240 kWh	-29.392 kWh	-5%
	CO2-Emission	104.949 kg CO2	193.136 kg CO2	-88.188 kg CO2	-46%
	Spezifische Energiemenge	10,25 kWh/hl	10,77 kWh/hl	-0,51 kWh/hl	-5%
	Spezifische CO2-Emission	1,83 kg CO2 /hl	3,37 kg CO2 /hl	-1,54 kg CO2 /hl	-46%
	Gesamt (Strom, Wärme, Kälte)	Neu	Alt	Neu-Alt	Neu/alt
Energiemenge	3.272.872 kWh	3.673.010 kWh	-400.137 kWh	-11%	
CO2-Emission	599.781 kg CO2	844.333 kg CO2	-244.552 kg CO2	-29%	
Spezifische Energiemenge	57,09 kWh/hl	64,07 kWh/hl	-6,98 kWh/hl	-11%	
Spezifische CO2-Emission	10,46 kg CO2 /hl	14,73 kg CO2 /hl	-4,27 kg CO2 /hl	-29%	
Abgabe	Strom	Neu	Alt	Neu-Alt	Neu/alt
	Energiemenge elektrisch	11.642 kWh	0 kWh	11.642 kWh	--
	CO2-Emission	3.034 kg CO2	0 kg CO2	3.034 kg CO2	--

Gegenüber der hochgerechneten Ausgangssituation können durch die umgesetzten Maßnahmen des Projektes jährlich 285.806 kg, bzw. 24% bzw. 4,99 kg/hl CO2-Emissionen eingespart werden.

Der derzeit noch vorliegende erhöhte Gesamtenergiebedarf (Bezug gesamt) ist vorwiegend noch nicht abgeschöpften Wärmeverlusten im Bereich der Mikrogasturbine geschuldet.

Circa 1/3 der Wärme werden im Kessel der Hochtemperatur bei 160°C zugeführt und können für die Kochprozesse in der Sudhausarbeit vollständig genutzt werden, weitere 30% werden der Niedertemperatur bei 95°C zugeführt und in Kälte gewandelt. Weitere 20% der Wärmeenergie aus dem Niedertemperaturnetz (bis ca. 60°C) sollen zukünftig der Reinigungstechnik im Bereich der Flaschen und Fassabfüllung zugeführt werden, die heute noch ausschließlich mit Hochtemperatur (160°C) versorgt werden, was zu einer Umschichtung von Hochtemperatur zu Niedertemperatur führt. Dadurch erhöht sich auch der Wirkungsgrad der Mikrogasturbine von 71% auf bis zu 80% oder mehr.

Eine Reduktion der Überschussproduktion von elektrischer Energie, die ins öffentliche Netz eingespeist wird, wird den Gesamtenergiebedarf zusätzlich minimieren und die energetische Bilanz verbessern.

Diese Optimierungen sind aktuell Gegenstand weiterer Arbeiten und Maßnahmen in der Brauerei.

3.4 Wirtschaftlichkeitsanalyse

Gegenüber der hochgerechneten Ausgangssituation können durch die umgesetzten Maßnahmen des Projektes jährlich 60.035 € an Energiebezugskosten eingespart werden.

Aufgrund der aktuellen Energiesituation, wurde auch ein zusätzliches Szenario gerechnet. Wenn man von einer Verdreifachung des Gaspreises und einer Verdoppelung des Strompreises ausgeht, dann beträgt die jährliche Einsparung 90.846 €. Diese Angabe ist jedoch nur informativ zur Tendenzabschätzung und wird in den weiteren Berechnungen nicht aufgegriffen bzw. dargestellt.

Auf den Einbezug der Kosten für den Eigenstrom (EEG-Umlage) sowie die Einspeisevergütung wurde in der folgenden Berechnung zur Vereinfachung verzichtet.

Im Folgenden ist die Wirtschaftlichkeitsrechnung durchgeführt.

In der Tabelle 7 sind die tatsächlichen Kosten beim Projektende für die einzelnen Kostenpositionen aufgestellt.

Tabelle 7: Investitionskosten

Wärmeversorgung (Prozesswärme)	
Summe Investitionskosten	483.796 €
Kälteversorgung (Prozesskälte)	
Summe Investitionskosten	869.203 €
Alternative Energieversorgung	
Summe Investitionskosten	478.700 €
Alternative Abwasserentsorgung	
Summe Investitionskosten	658.056 €
Steuerungs- und Automatisierungstechnik	
Summe Investitionskosten	91.886 €
Messkonzept	
Summe Investitionskosten	195.193 €
Umsetzung und Inbetriebnahme	
Summe Investitionskosten	77.780 €
Summe Investitionskosten Gesamtvorhaben	2.854.613 €

In der Tabelle 8 sind die angenommenen jährlichen Kosten für die einzelnen Kostenpositionen aufgestellt.

Tabelle 8: Jährliche Kosten

Wärmeversorgung (Prozesswärme)	
Abschreibung jährlich (Nutzungsdauer 10 Jahre)	48.380 €
Wartung und Instandhaltung jährlich (1,5%)	7.257 €
Summe Kosten jährlich	55.637 €
Kälteversorgung (Prozesskälte)	
Abschreibung jährlich (Nutzungsdauer 10 Jahre)	86.920 €
Wartung und Instandhaltung jährlich (1,0%)	8.692 €
Summe Kosten jährlich	95.612 €
Alternative Energieversorgung	
	305.600 €
Abschreibung jährlich (Nutzungsdauer 10 Jahre)	47.870 €
Wartung und Instandhaltung jährlich (1,0%)	4.787 €
Summe Kosten jährlich	52.657 €
Alternative Abwasserentsorgung	
Abschreibung jährlich (Nutzungsdauer 10 Jahre)	65.806 €
Wartung und Instandhaltung jährlich (1,0%)	6.581 €
Summe Kosten jährlich	72.386 €
Steuerungs- und Automatisierungstechnik	
Abschreibung jährlich (Nutzungsdauer 10 Jahre)	9.189 €
Wartung und Instandhaltung jährlich (1,0%)	919 €
Summe Kosten jährlich	10.107 €
Messkonzept	
Abschreibung jährlich (Nutzungsdauer 10 Jahre)	19.519 €
Wartung und Instandhaltung jährlich (1,0%)	1.952 €
Summe Kosten jährlich	21.471 €
Umsetzung und Inbetriebnahme	
Abschreibung jährlich (Nutzungsdauer 10 Jahre)	7.778 €
Summe Kosten jährlich	7.778 €
Summe Kosten jährlich Gesamtvorhaben	315.649 €

In der Tabelle 9 sind die wesentlichen relevanten angenommenen jährlichen Einsparungen aufgestellt.

Tabelle 9: Jährliche Einsparungen

Einsparung Energiekosten und Zuschläge	
Einsparung Kosten Erdgas und Strom	60.035 €
Einsparungen Spitzenlastkappung	3.000 €
Vermeidung Schmutzwasserzuschläge	55.637 €
Summe Einsparungen jährlich	118.672 €
Summe Einsparungen jährlich Gesamtvorhaben	118.672 €

In der Tabelle 10 ist die Wirtschaftlichkeit mit und ohne Förderung dargestellt.

Tabelle 10: Wirtschaftlichkeit

Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des Gesamtvorhabens ohne Förderung	
Gesamtkosten jährlich x 10 Jahre Abschreibungsdauer	3.156.486 €
Einsparungen jährlich	-118.672 €
Amortisationsdauer in Jahren	26,6
Wirtschaftlichkeitsbetrachtung des Gesamtvorhabens mit Förderung	
Gesamtkosten jährlich x 10 Jahre Abschreibungsdauer	3.156.486 €
Förderung (30% der Investitionskosten)	-797.826 €
Förderung (80% des Messkonzeptes)	-156.154 €
Gesamtkosten jährlich x 10 Jahre Abschreibungsdauer mit Förderung	2.202.506 €
Einsparungen jährlich	-118.672 €
Amortisationsdauer in Jahren	18,6

Als Gesamtkostenbasis wurden die in Tabelle 8 ermittelten jährlichen Kosten mit der Abschreibungsdauer von 10 Jahren multipliziert. Die Förderung bezieht sich rein auf die Investitionskosten aus der Tabelle 7.

3.5 Technischer Vergleich zu konventionellen Verfahren

Nach aktuellem Kenntnisstand besteht derzeit im Stand der Technik für eine kleine mittelständische Brauerei, wie die Karmeliten Brauerei Karl Sturm GmbH & Co. KG, kein vergleichbares energieautarkes Gesamtkonzept, welche die zahlreichen beschriebenen innovativen Aspekte integriert.

Bestehende Brauereien dieser Größenordnung haben in der Regel den in der Ausgangssituation beschriebenen Aufbau mit konventioneller Prozesswärme- und Kälteerzeugung.

Im Rahmen des Projektes sind zum ersten Mal Einzeltechnologien, welche im Stand der Technik isoliert vorhanden sind kombiniert worden. Diese Kombination aller Aspekte stellt hierbei eine wegweisende Innovation dar. Das im Rahmen des Projektes umgesetzte Konzept wurde durch die Karmeliten Brauerei Karl Sturm GmbH & Co. KG und den Partnern in den Jahren der Projektumsetzung verfeinert und konkretisiert.

Elemente der Innovation der umgesetzten Lösung sind:

1. Einsatz von zwei Mikrogasturbinen
2. Eigenerzeugung von elektrischem Strom durch Mikrogasturbine
3. Rückführung und Nutzung von bereits verwendeter Prozesswärme
4. Verwendung von Naturkälte
5. Speicherung von Kälte in Eisspeichern
6. Kälteerzeugung aus Wärme (Absorptionskältemaschine)
7. Verwendung einer eigenen anaeroben Biogasanlage zur energetischen Verwertung organischer Reststoffe als Wertstoffe (Abwasser)
8. Erfassen, Auswerten, Analysieren von Energieverbräuchen und Visualisierung zur Unterstützung einer vorausschauenden energetische Produktionsauftragsplanung

Neben der Kombination sind weitere Innovationen innerhalb der Wärme- und Kälteerzeugung erreicht worden, welche nicht Stand der Technik waren:

Zwei parallel geschaltete Mikrogasturbinen deren Abwärme bei 300°C liegt und im Vergleich zur Motorentechnologie der BHKWs damit anteilig auch Prozesswärme über 100°C zur Verfügung stellen kann sowie eine einstufige Absorptionskältemaschine auf Basis Lithium-Bromid deren Kältemitteltemperaturen auf Minus-Grade (bis -5°C) ausgerichtet ist und mit einer Abwärme von 95°C betrieben wird.

Darüber hinaus hat die anaerobe Biogasanlage für Brauereien in der Größenordnung der Karmeliten Brauerei ebenfalls Demonstrationscharakter.

4. Übertragbarkeit

4.1 Erfahrungen aus der Praxiseinführung

Die Erfahrungen sind inzwischen durchweg positiv. Zwar musste die Planung teilweise mehrmals angepasst werden, allerdings konnten die Veränderungen dann erfolgreich in das Projekt adaptiert werden. Die Projektverlängerung war neben den technischen Herausforderungen auch durch die weltweite Corona-Pandemie bedingt.

Als wesentliche Erfahrungen sind zu nennen:

- Einsatz von Sonnenenergie mittels Fresnel Sonnenkollektoren (Solare Prozesswärme) war im Anwendungsfall der Karmeliten Brauerei nicht zielführend, da aus baulichen Restriktionen kein ausreichender Ertrag und damit keinerlei absehbare Wirtschaftlichkeit gegeben war.
- Die Eigenerzeugung von elektrischem Strom durch Mikrogasturbine war aufgrund technischer Probleme und Aufgabe des Produktbereiches durch den Hersteller Dürr herausfordernd. Die Mikrogasturbine musste rückabgewickelt werden. Die beiden alternativen Capstone Mikrogasturbinen funktionieren gut.
- Die ursprünglich angedachte Speicherung von Wärmeenergie in Hochtemperatur-Speichern war nicht erforderlich und das Rohrnetz in der Brauerei als Speicher ausreichend.
- Die Rückführung und Nutzung von bereits verwendeter Prozesswärme konnte nicht im Rahmen des Projektes vertieft werden. Das Thema ist jedoch Gegenstand permanenter Energieeffizienzmaßnahmen.
- Die Verwendung von Naturkälte funktioniert gut. Allerdings beschränken die immer wärmeren Winter deren Wirkung.
- Die Speicherung von Kälte in Eisspeichern funktioniert problemlos.
- Die Kälteerzeugung aus Wärme mit der Absorptionskältemaschine war von vielen technischen Problemen geprägt. Es wurde lange an der Herstellung eines vollkommen stabilen Betriebs gearbeitet.
Anfängliche Schwierigkeiten lagen im Wärmekreislauf des Niedertemperaturkreislaufes, der unzureichend zwischen Economizer und Absorptionskältemaschine entkoppelt war und damit eine gegenläufige Wirkung von Turbinen und Absorptionskältemaschine verursachte. Mittels zusätzlicher hydraulischer Weiche und einem Wärmetauscher konnte ein nahezu stabiler Betrieb auch bei $0^{\circ}\text{C} \rightarrow -5^{\circ}\text{C}$ erreicht werden. Eine längere Stillstandszeit der Absorptionskältemaschine aufgrund des Umbaus der Turbinenanlage brachte als überraschendes Ergebnis eine Totalüberholung dieser wegen versalzter und stark korrodierter Bauteile. Zusätzliche Verzögerungen in der Ersatzlieferung der Austauschmaschine aufgrund des mit einem Schiff behinderten Suezkanals und einem zusätzlichen Schaden bei der Verladung im Hamburger Hafen verursachten weitere Bauteildefekte bei trockenliegenden Pumpen während des Umbaus.
- Die Verwendung von Biogas aus Klärwerken konnte aus administrativen Gründen nicht weiterverfolgt werden, das gleiche gilt für die energetische Verwertung organischer Reststoffe als Wertstoffe (Abwasser). Dadurch war technisch und

organisatorisch eine neue Lösung erforderlich. Als alternative wurde eine hoch innovative anaerobe Biogasanlage aufgebaut und in Betrieb genommen. Dadurch kann aktuell über 10% des Gasbedarfes selbst erzeugt werden.

- Für das Erfassen, Auswerten, Analysieren von Energieverbräuchen und die vorausschauende energetische Produktionsauftragsplanung wurde die ursprünglich hochkomplexe und auch teure Lösung verworfen und in eine für ein mittelständisches Unternehmen praktikable Umsetzung umgestaltet. Der Fokus liegt auf dem Monitoring und der Unterstützung des Braumeisters in der Produktionsplanung. Weitere Automatisierungsschritte können sukzessive erfolgen, wenn das System komplett stabil läuft und eingeschwungen ist. Detaillierte Angaben sind im Anhang 7.2 Spitzlastmanagement mit automatischer Abschaltung von Verbrauchern beschrieben.

Als weitere Schritte zur kontinuierlichen Verbesserung sind die folgenden Punkte als Ausblick anzuführen:

- Optimierung der Betriebsparameter – zusätzliche Spitzenkappung zu individuellen Tageszeiten
- Produktionsplanungsoptimierung abhängig von Energieertrag
- Erhöhung des Anteils organischer Abfälle im Abwasser (z.B. Treber) für mehr eigen gewonnenes Gas
- CO₂ Rückgewinnungsanlage
- Flaschenwaschanlage an Niedertemperatur Kreislauf anbinden
- Wärmerückgewinnung an Luftkompressoren

Durch die bereits gewonnene Erfahrung und das implementierte Monitoring, besteht inzwischen ein tiefes Verständnis der Zusammenhänge. Wenn Abweichungen in den Prozessfenstern und Kennlinien auffallen, können Betriebsstörungen zukünftig identifiziert und frühzeitig gegengesteuert werden.

4.2 Modellcharakter/Übertragbarkeit (Verbreitung und weitere Anwendung des Verfahrens/der Anlage/des Produkts)

Die Technologie kann grundsätzlich auf jede mittelständische Brauerei, welche vergleichbare Produktionsmengen und technische Rahmenbedingungen aufweist übertragen werden. Inzwischen greifen auch größere Brauereien Ansätze aus dem Umweltinnovationsprogramm auf.

Der Ansatz war bereits 2013 wegweisend und unter heutigen Gesichtspunkten ist das Thema hochrelevant.

In Deutschland gibt es ca. 300 Brauereien in der Größenordnung der Karmeliten Brauerei Karl Sturm GmbH & Co. KG.

Die Karmeliten Brauerei Karl Sturm GmbH & Co. KG hat dieses Projekt als Aushängeschild der Brauerei etabliert. Durch die Vermarktung des USPs erreicht die Brauerei eine deutlich größere Reichweite für potenzielle Kunden und hat z.B. durch die Nominierung zum deutschen Umweltpreis 2017 großes öffentliches Interesse geweckt.

Im Rahmen einer intensiven Kommunikation wurde sowohl die Zielgruppe Fachpublikum als auch die Zielgruppe breite Öffentlichkeit adressiert.

Eine detaillierte Aufstellung der Veröffentlichungen befindet sich im Anhang des Abschlussberichtes.

Nachfolgend sind exemplarisch Auszüge aus verschiedenen Veröffentlichungen dargestellt.

Die Sieger der Energy Awards 2017

Energiereneinheitsgebot

Industrie: Karmeliten Brauerei Karl Sturm GmbH & Co. KG



Brauereidirektor
Christoph Kämpf

Schon seit 650 Jahren wird in Straubing Karmelitenbier gebraut und damit ist die Karmeliten Brauerei Karl Sturm nicht nur die älteste Straubinger Brauerei, sondern steht auf Platz 35 der ältesten Unternehmen Deutschlands, also lange bevor Herzog Wilhelm IV im April 1516 das Reinheitsgebot erließ. Ehrwürdig ja, altbacken nein, denn die Straubinger Brauer sind was Energieeffizienz angeht auf dem Weg an die Spitze: Denn Brauereien benötigen viel Energie für das Kochen, abkühlen des Sudes und dann sechs bis 12 Wochen permanent bei null Grad frisch halten, bis endlich gezapft werden kann. Im Straubinger Kaskadensudhaus muss die Bierwürze nicht mehr gepumpt werden, ganz so wie es die Ordensbrüder früher auch hielten. Hier leistet die Schwerkraft - die es umsonst gibt - ganze Arbeit, denn die Prozessschritte laufen von unten nach oben ab. Eine Photovoltaik- und Microgasanlage sorgen für Strom und letztere soll bald auch noch durch Klärgas, das beim Spülen der Flaschen anfällt, betrieben werden. Überflüssige Hitze der Gasanlage wird in Kälte mit -5 Grad umgewandelt. Im Winter sorgt eine Schneelanze dafür, dass ein Kältekollektor beschneit wird und für wohlige Klosterbierkühle sorgt. Heute verbrauchen die Nachfahren der Karmeliter schon 40 Prozent weniger CO₂ und wollen 2018 eine Reduktion von 99,6 Prozent erreichen. Brauereidirektor Christoph Kämpf: „Für die Produktion von 200 Kisten Karmelitenbier ist der CO₂-Fußabdruck mit dem eines Kasten Bieres einer normalen Brauerei

identisch.“ Na dann: Prost.

karmeliten-brauerei.de

Abbildung 18: Artikel im Handelsblatt zu den Energy Awards 2017 (09/2017)

J. Flauger, F. Hubik, K. Stratmann
Berlin

Die Karmeliten Brauerei in Straubing ist eines der ältesten Unternehmen in Deutschland. Es wurde schon 1367 von Mönchen gegründet und ist seit 1879 in Familienbesitz. Nach eigenen Angaben sind deutschlandweit nur 34 Unternehmen noch älter.

Die Brauerei ist klein, hat gerade einmal 30 Mitarbeiter, aber bei der Energiewende ist sie ganz vorne dabei. Das Unternehmen produziert mit Photovoltaik selbst Strom, günstig und sauber, wandelt Wärme wieder in Kälte und speichert Energie, um Lastspitzen abzufangen. Das Sudhaus ist so effizient, dass es mit 15 Prozent weniger Strom und 25 Prozent weniger Gas auskommt als eine herkömmliche Anlage.

„Bei uns fällt durch die Produktion von 200 Kisten Karmeliten-Bier so wenig CO₂ an wie bei anderen Brauereien bei der Produktion von einer Kiste“, sagt Geschäftsführer Christoph Kämpf stolz. Die Karmeliten Brauerei arbeitet nicht nur umweltfreundlich, sondern will komplett energieautark werden. „Wir wollen möglichst viel Energie auf unserem Grundstück gewinnen und möglichst viel davon bei uns einsetzen“, erläutert Kämpf.

Es sind solche kleinen, umweltbewussten Unternehmen wie die Karmeliten Brauerei, die die Energiewende in Deutschland mit ihrem Engagement und mit Innovationen voranbringen. Sie treiben den Aufbau der grünen, nachhaltigen Energieversorgung in vielen Teilen energischer und schneller voran als die großen Konzerne.

Seit fünf Jahren werden solche engagierten Unternehmer, ideenreiche Start-ups und visionäre Projekte, die die Energiewende antreiben, mit den Energy Awards ausge-

zeichnet. In Berlin wurden die Preise, die vom Handelsblatt und General Electric initiiert wurden, wieder im Rahmen einer feierlichen Gala im Museum für Kommunikation vergeben.

Mit Mut und Leidenschaft

Die Karmeliten Brauerei wurde dabei als innovativstes Unternehmen ausgezeichnet. Weitere Energy Awards wurden in den Kategorien Mobilität, Utilities & Stadtwerke, Start-up, Smart Infrastructure, European Energy Project und Energy 4.0 vergeben. Je-

des Jahr wird auch eine Persönlichkeit des Jahres geehrt, die der Energiewende besondere Impulse gibt. Energizer des Jahres wurde in diesem Jahr Håkan Samuelsson. Der Volvo-Chef hatte vor kurzem mit der Ankündigung überrascht, den schwedischen Autohersteller zum Vorreiter bei der Energiewende zu machen.

„Bei den Energy Awards zeigt sich, wie viele innovative Unternehmen es in Deutschland gibt und mit wie viel Mut und Leidenschaft hier gearbeitet wird“, sagte Stephan Reimelt, der scheidende CEO von

Preisverleihung

„Aus der Vision wurde Realität“

Zum fünften Mal wurden **in Berlin die Energy Awards verliehen**. Sie ehren Unternehmen und Projekte, die die Energiewende voranbringen.

General Electric (GE) für Deutschland und Österreich. Reimelt stand von Beginn an gemeinsam mit Hans-Jürgen Jakobs, Senior Editor des Handelsblatts, als Chairman an der Spitze der Energy Academy. Der Thinktank, dem inzwischen rund 220 Experten aus Wirtschaft, Politik und Wissenschaft angehören, vergibt die Energy Awards.

Wechsel in der Energy Academy

Reimelt übergibt beide Ämter, bei GE und in der Academy, an Wolfgang Dierker und nutzte seinen letzten Auftritt für ein optimistisches Zwischenfazit der Energiewende: „Wir alle hier haben etwas Großes geleistet, wir haben die Energiewende an einen Punkt gebracht, dass wir nachhaltig alternative Energie fast subventionsfrei und wettbewerbsfähig produzieren können.“ Tatsächlich sind die Kosten für Windenergie und Photovoltaik inzwischen drastisch gesunken. Im Frühjahr setzten sich bei der Auktion für die nächsten Offshore-Windparks erstmals mehrere Gebote durch, die komplett ohne staatliche Förderung auskommen wollen. „Was vor sechs Jahren noch eine Vision war, ist heute Realität“, sagte Reimelt. Er forderte die Anwesenden aber auf, nicht nachzulassen: „Behalten Sie den Mut und die Leidenschaft.“

Noch ist die Energiewende nicht perfekt. Die Stromerzeugung wird zwar immer grüner, aber es hakt an der effizienten Umsetzung. „Für den Erfolg der Energiewende müssen wir Energie neu denken“, sagte Brigitte Zypries, Bundesministerin für Wirtschaft und Energie und Schirmherrin der Energy Awards: „Ohne Innovationen ist der Umbau zu erneuerbaren Energien nicht zu bewältigen.“

Vor allem muss die Energiewende jetzt auch zur Verkehrswende werden. Die Klimaziele sind nur zu erreichen, wenn die

Abbildung 19: Auszug aus dem Artikel im Handelsblatt (10/2017)

Evolution der Energieversorgung

Karmeliten Brauerei als Vorreiter zur „Brauerei des 21. Jahrhunderts“

Eine Kooperation, bestehend aus den Partnern Ziemann Holvrieka GmbH (industrieller Partner), der Hochschule Weihenstephan-Triesdorf (wissenschaftlicher Partner) und dem für die Gesellschaft sichtbaren Partner, der Karmeliten Brauerei (treibender Partner), revolutioniert derzeit den Energieeinsatz in der Lebensmittel- und Getränkeindustrie.

Abbildung 20: Auszug aus dem Artikel der BRAUINDUSTRIE (12/2017)

KfW unterstützt Energieeffizienz-Vorhaben

Energieoptimierung ist in der gesamten Brauwirtschaft ein großes Thema, aber keine Brauerei geht dabei so konsequent ihren Weg wie die Karmeliten-Brauerei in Straubing. Wenn es nur ein Problem nicht gäbe: das Geld. Für die ersten Schritte auf dem Weg zur energieautarken Brauerei kalkuliert Kämpf rund 3,5 Millionen Euro. „Das war für eine kleine Brauerei verdammt viel Geld“, so der 56-Jährige rückblickend. Eine passgenaue Förderung, die darauf ausgelegt ist, kleine Produktionsanlagen wie die der Brauerei zu unterstützen, gibt es anfangs nicht.

„Ich habe mir die Hacken wundgelaufen. Alle waren vom Konzept begeistert, aber für eine Förderung war es zu vielschichtig.“ 2015 stößt der Kaufmann auf ein Förderberatungs-Unternehmen in der Nähe von Freiburg. „Die haben mir spontan gesagt: Das UIP, das ist genau das Passende für das Vorhaben.“ Das UIP ist das BMU-Umweltinnovationsprogramm, ein Förderprogramm des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und nukleare Sicherheit, das von der KfW betreut wird. Es fördert innovative und erstmals großtechnisch angewandte Umweltschutzmaßnahmen und richtet sich gezielt auch an kleine und mittlere Unternehmen, die ihre Abläufe umweltschonender gestalten wollen und die dabei innovative Techniken einsetzen. Das UIP ist aber nur eines von mehreren Programmen, mit denen die KfW Vorhaben von Unternehmen zur Steigerung der Energieeffizienz oder Reduktion von Treibhausgasemissionen unterstützt. Die „Bundesförderung für Energie- und Ressourceneffizienz in der Wirtschaft“ ist zum Beispiel ein passendes Förderprogramm, wenn es um Energie- und Ressourceneinsparungen geht. In diesem Förderprogramm stellt die KfW im Auftrag der Bundesregierung großvolumige Kredite von bis zu 25 Mio. Euro zur Verfügung und je nach Vorhaben Tilgungszuschüsse zwischen 30 und 55 Prozent, die den zurückzuzahlenden Kreditbetrag deutlich verringern.



Abbildung 21: Auszug aus dem Artikel der Welt (11/2021)

5. Zusammenfassung/ Summary

5.1 Zusammenfassung

Einleitung

In Brauereien besteht ein hoher Bedarf an Prozesswärme und -Kälte. Steigende Energiepreise und der Bedarf an hoher Versorgungssicherheit fordern vollkommen neue Ansätze für Energiekonzepte.

Insbesondere für kleine und mittelständische Brauereien stellt die im Rahmen des Vorhabens vorgestellte Lösung einer energieautarken Brauerei eine wichtige Investition in die Zukunftssicherheit dar.

Vorhabensumsetzung

Das Vorhaben basiert auf einer ganzheitlichen Betrachtung einer autarken Energieerzeugung-, Verteilung und Nutzung zur Erzielung hoher Energieeffizienz und Unabhängigkeit.

Die innovative Prozesswärmeerzeugung besteht aus zwei parallel geschalteten stromgeführten und wärmebegrenzend betriebenen Mikrogasturbinen, welche elektrischen Strom zur Eigennutzung erzeugen. Weiterhin wird ein Hochtemperatur-Warmwasserkessel mit direkter Befeuerung mittels Zweistoff Brenner und Abhitze aus Abgas der Mikrogasturbinen betrieben. Es besteht eine Niedertemperatúrauskopplung in Wärmespeicher zur weiteren Nutzung in der Absorptionskältemaschine.

Die innovative Prozesskälteerzeugung besteht aus Nutzung von natürlicher Kälte durch Schneilanze und Schnee als Energiespeicher. Weiterhin wird ein Glykolkältekreislauf über eine modifizierte LiBr-Absorptionskältemaschine gespeist. Eisspeicher dienen zur Lastspitzendeckelung.

Weiterhin wird mittels einer anaeroben Biogasanlage ein bidirektionaler Stoffstrom in Form der Eigenproduktion von Biogas und einer energetischen Verwertung organischer Reststoffe als Wertstoffe realisiert.

Ein System zur Visualisierung und vorausschauenden energetischen Produktionsauftragsplanung unterstützt dabei die optimale Steuerung der Komponenten zur Wärme- und Kälteerzeugung.

Ergebnisse

Das Vorhaben wurde erfolgreich umgesetzt und die Anlage in Betrieb genommen. Die Erwartungen hinsichtlich der autarken Energieversorgung konnten weitestgehend bestätigt werden.

Gegenüber der auf 2021 hochgerechneten technischen Ausgangssituation von 2013 können durch das umgesetzte Konzept jährlich 285.806 kg CO₂ und damit 24% eingespart werden.

Ausblick

Bei weiter dauerhaft steigenden Energiepreisen und Kostensenkungen bei den eingesetzten Technologien durch Serieneffekte ist perspektivisch auch eine niedrigere Amortisationszeit denkbar. Es wird zukünftig weiter an Maßnahmen zur Optimierung der Energieeffizienz und zur Senkung der CO₂-Emission gearbeitet.

5.2 Summary

Introduction

Breweries have a high demand for process heat and cold. Rising energy prices and the need for high security of supply challenge for completely new approaches to energy concepts.

Especially for small and medium-sized breweries, the solution of an energy-self-sufficient brewery presented as part of the project represents an important investment in future-proof.

Project implementation

The project is based on a holistic view of self-sufficient energy generation, distribution and use to achieve high energy efficiency and independence.

The innovative process heat generation consists of two current-controlled and heat-limiting micro gas turbines connected in parallel, which generate electricity for own use. Furthermore, a high-temperature hot water boiler with direct firing by means of a dual-fuel burner and waste heat from exhaust gas from the micro gas turbines is operated. There is a low-temperature decoupling in heat storage for further use in the absorption chiller.

The innovative process cooling system consists of using natural cold through snow lance and snow as energy storage. Furthermore, a glycol refrigeration circuit is fed via a modified LiBr absorption chiller. Ice storage is used to cap peak loads.

Furthermore, a bidirectional material flow in the form of the own production of biogas and an energetic utilization of organic residues as valuable materials is realized by means of an anaerobic biogas plant.

A system for visualization and for predictive energy-efficient production order planning supports the optimal control of the components for heating and cooling.

Project results

The project was successfully implemented and the plant was put into operation. The expectations regarding self-sufficient energy supply were largely confirmed.

Compared to the technical situation of 2013 projected for 2021, the implemented concept can save 285,806 kg of CO₂ annually and thus 24%.

Prospects

With energy prices continuing to rise permanently and cost reductions in the technologies used due to series effects, a lower payback period is also conceivable in the future. In the future, work will continue on measures to optimize energy efficiency and reduce CO2 emissions.

6. Literatur

Siehe Veröffentlichungsliste im Anhang.

7. Anhang

7.1 Beschreibung des Verfahrens zur fortschreitenden Ermittlung von Energie- und Mediendaten

Allgemeines

In der Karmeliten Brauerei Straubing wurde zur Bewertung aller Themen rund um den Klimaschutz und zur kontinuierlichen Verbesserung der CO₂ Bilanz ein übergeordnetes betriebliches Energie- und Medieneffizienzsystem der Firma Berg installiert. An über 80 verschiedenen und signifikanten Stellen im Betrieb sind neben den durch die EVU verbauten Energiezähler zusätzliche Strom-, Warm- und Kaltwasser-, Wärmemengen- (Wärme und Kälte) und Gaszähler verbaut. Die laufenden Verbräuche der einzelnen Zähler werden via Signalkabel über örtlich in der Nähe befindliche Datenlogger in Echtzeit erfasst, dort remanent zwischengespeichert und anschließend von einem zentralen Erfassungsdienst über ein kabelgebundenes Netzwerk ausgelesen und in einem Datenbanksystem abgespeichert. Die Energieauswertesoftware Efficio der Firma Berg wertet die in der Datenbank bereitgestellten Daten aus und bereitet diese sowohl grafisch, tabellarisch als auch in Form von Berichten auf. Zusätzlich werden bei festgelegten Grenzwertverletzungen Alarmmeldungen generiert, von der die technische Betriebsleitung via Email unverzüglich in Kenntnis gesetzt wird.

ENERGIEAUTARKE KARMELOTEN BRAUEREI STRAUBING

Messtellen (vereinfacht)

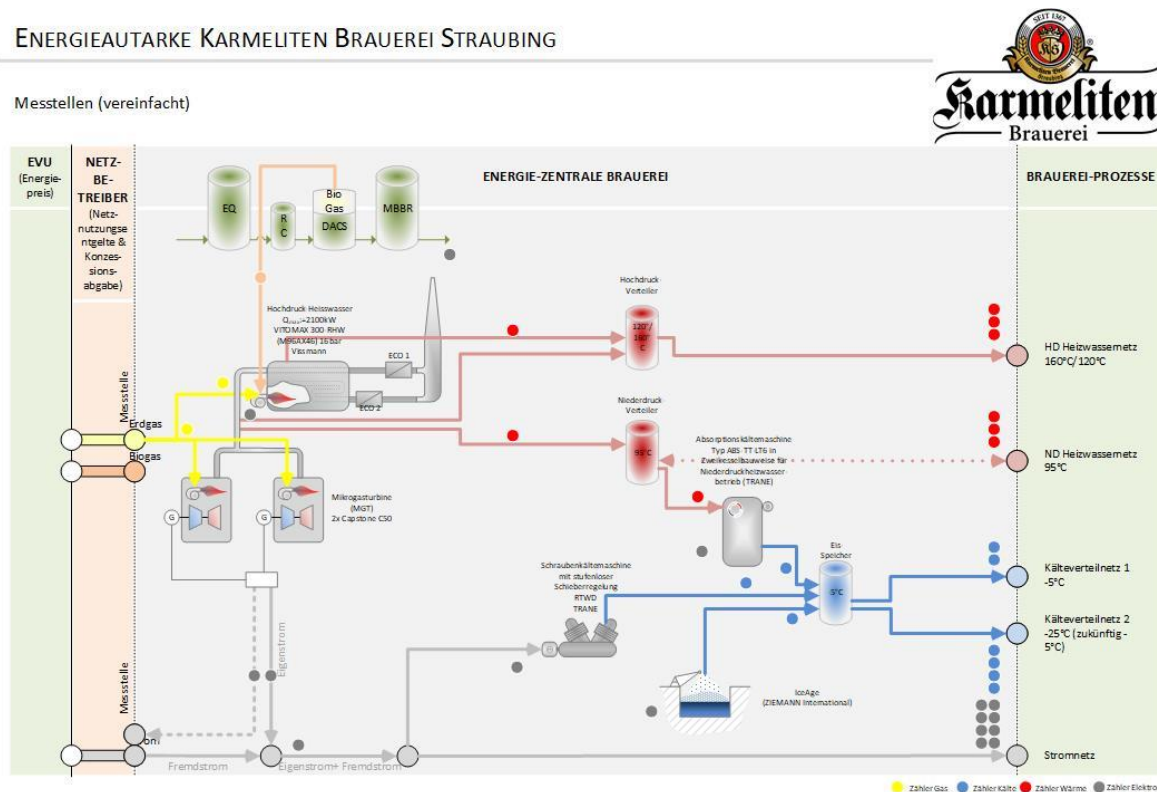


Abbildung 22: vereinfachte Messtellenübersicht Energiemonitoring

In vorstehendem Diagramm sind mittels farbiger Punkte ein Teil der zu erfassenden Messdaten veranschaulicht.

Datenerfassung

Die Erfassung, Verarbeitung und Auswertung der gesamten Energie- und Mediendaten erfolgt über das ausgewählte Energiedatenmanagementsystem der Firma Berg, bestehend aus Digitalisierungskomponenten (Impulseingänge, Analogeingänge, Feldbusanbindungen zu digitalen Systemen) für die verschiedenen Messsensoren und Vor-Ort Datenloggern zur örtlichen Zwischenspeicherung erfasster Rohdaten. Die Auslesung der örtlichen Datenspeicher erfolgt zyklisch (in der Regel minütlich) über einer auf einem zentralen Datenbankserver laufenden Applikation, die die Daten aus den Datenloggern mit Zeitstempel ausliest und diese in einer leistungsstarken relationalen Datenbank zentral ablegt. Die Datenübertragung erfolgt über ein hierfür errichtetes Lichtwellen- und Kupfernetzwerk zur Brauerei IT-Zentrale und der dort bereitgestellten Datenserver und Backupsysteme.

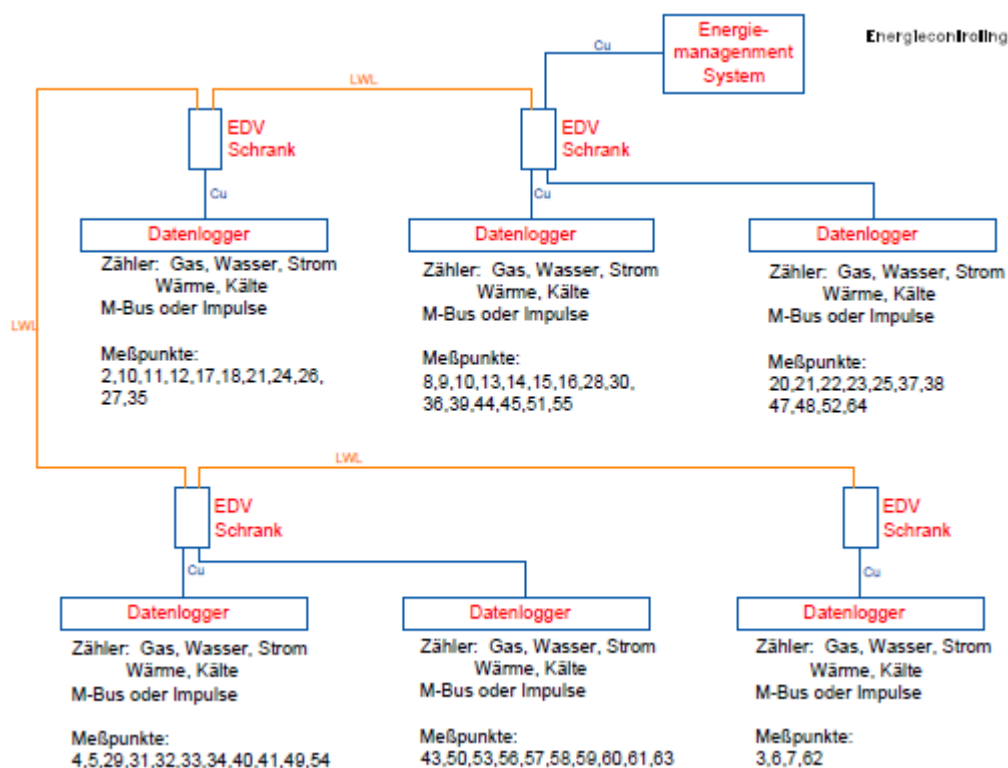


Abbildung 24 Übersicht struktureller Aufbau Messequipment, Datenlogger, Energiemanagementsystem

Datenauswertung

Die Auswertung der erfassten Messdaten erfolgt mit der dem System zugehörigen und bereitgestellten Engineering- und Visualisierungssoftware Efficio. In dieser abgebildet ist der komplette Messtellenbaum untergliedert nach Unternehmensbereichen mit Wärmeerzeugung, Kälteerzeugung, Stromerzeugung, Wasserförderung, Abwasser-aufbereitung und -verarbeitung ergänzt um virtuelle Messstellen, die aufgrund von Abzweigungen einzelner Energie- und Medienströme eine Differenzbildung zur Abgrenzung erforderlich machen. Nachstehendes Bild zeigt die obersten Ebenen der Gruppierung, der zeitgleich auch als Einstiegspunkt für die jeweiligen Einzelauswertungen dient.

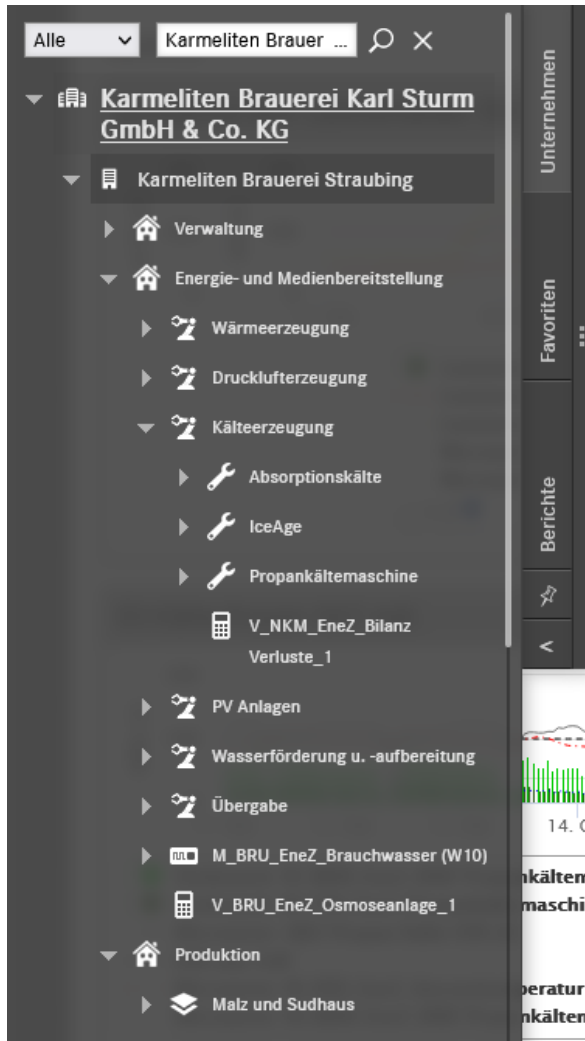


Abbildung 25: Unternehmensbaum Messbereiche

Nachstehende Einzelauswertung dient als Beispiel für eine einfache Messtellenauswertung:

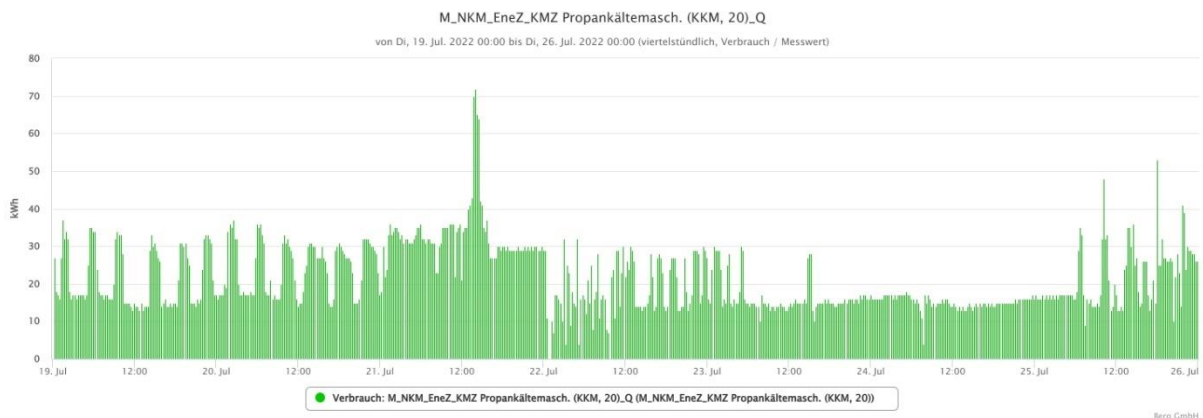


Abbildung 26: Beispiel einfache Messtellenauswertung (als Balkendiagramm)

Fließbilder

Fließbilder dienen zur Übersicht und widerspiegeln das Unternehmen in grafischer Form, ergänzt um aktuelle Leistungsdaten oder auch Tages-, Wochen- oder Monatsverbräuche:

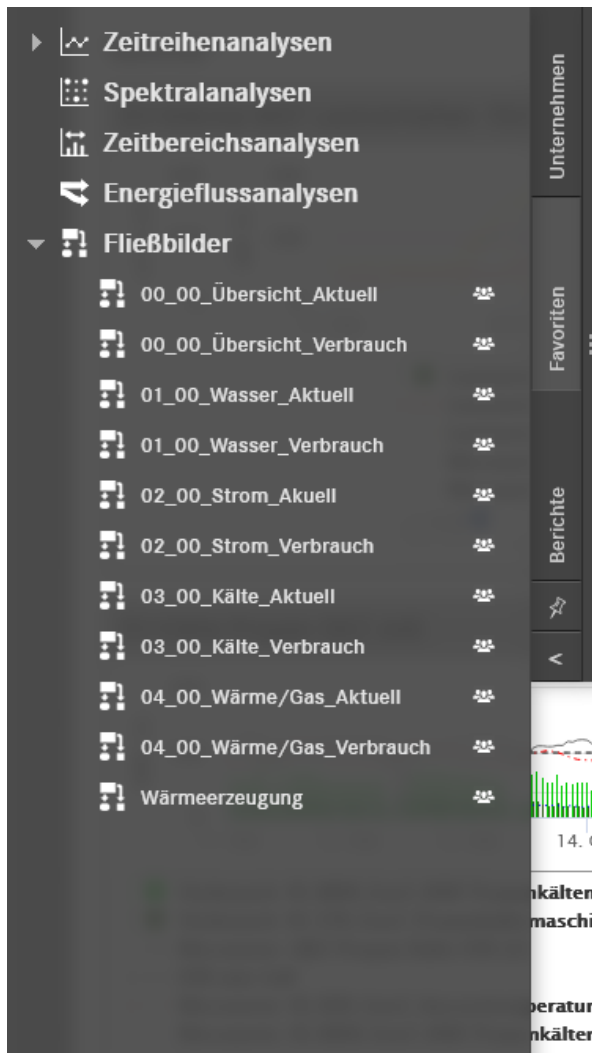


Abbildung 27: Unternehmensbaum Übersichten Fließbilder

Im nachstehenden Beispiel ist die Wärmeversorgungsanlage mit dem 4 zügigen Hochtemperaturkessel, den 2 parallel geschalteten Mikrogasturbinen, den nachgeschalteten Economizern für die Rauchgasrückkühlung, dem Hochtemperaturnetz mit Verteilung ins Sudhaus und in die Flaschenabfüllung, dem Niedertemperaturnetz als Brücke zur Absorptionskältemaschine mit der Möglichkeit des Zuheizens über das Hochtemperaturnetz und der Prozessstufe zur Wandlung von Wärme in Kälte dargestellt. Visualisiert werden auf dieser allen wesentlichen Messgrößen in Verbrauchsmengen. Eine Verzweigung auf Messgrößendetails kann über den Wert angesprungen werden.

Wärmeerzeugung

Art: Verbrauch / Messwert, Zeitraum: 20.07.2022 00:00 bis 21.07.2022 00:00, Aktualisierungszeit: 22.07.2022 13:21



ENERGIEAUTARKE KARMEELITEN BRAUEREI STRAUBING

Aussettemperatur: 28 °C

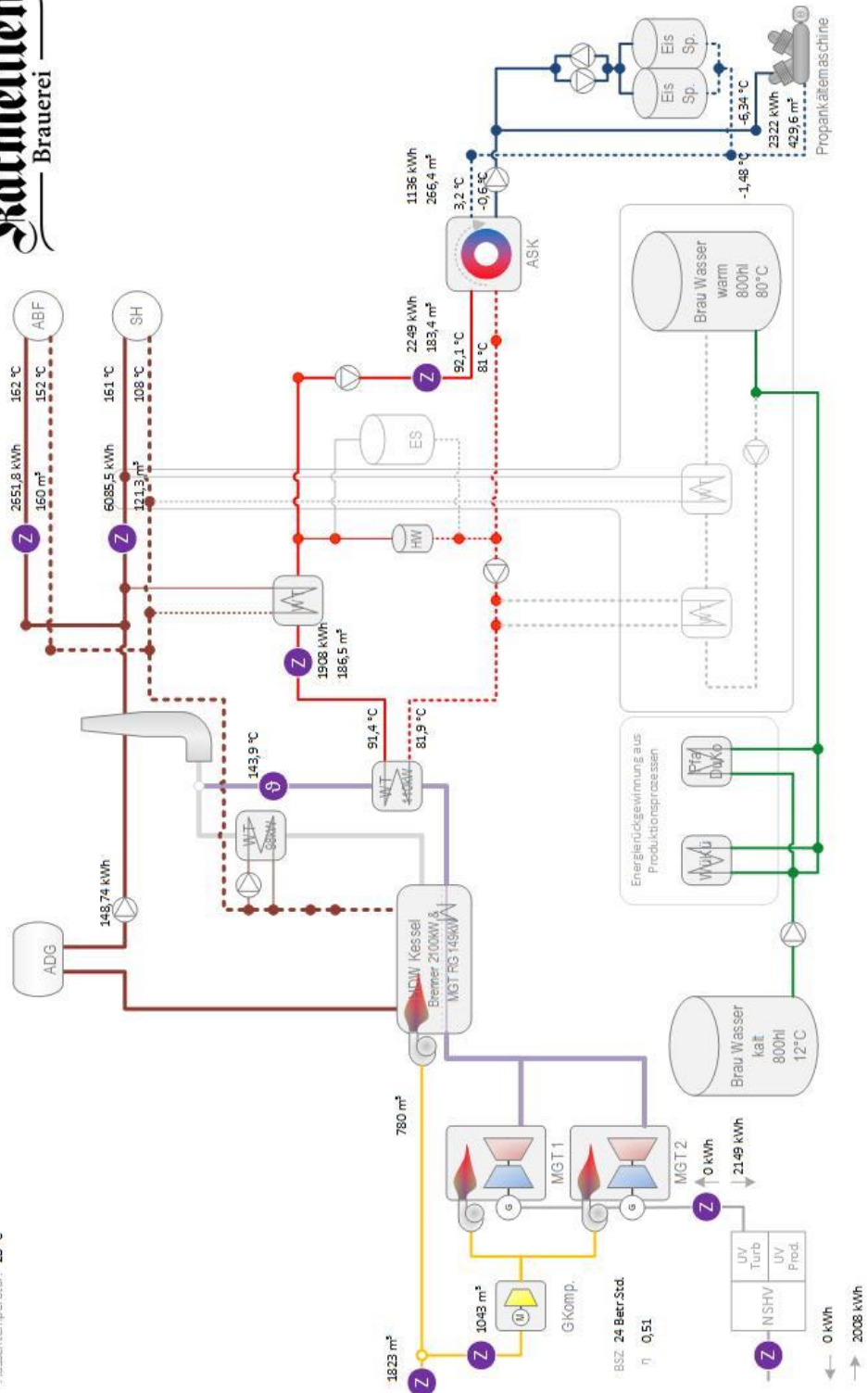


Abbildung 28: Fließbild Wärmeerzeugung mit Tagesverbräuchen

Verwendete Abkürzungen im Diagramm:

- ABF Abfüllung Flaschenbier und Fassbier
- SH Sudhaus
- ADG Ausdehnungsgefäß Hochdruck Heisswasser (160°C)
- ASK Absorptionskältemaschine
- WT Wärmetauscher

HW	Hydraulische Weiche
ES	Erweiterungsspeicher (Speicherkapazität) (vorgesehen)
WüKü	Würzekühler
PfaDuKo	Pfannendunstkondensator
HDW	Hochdruckheisswasserkessel (Hochtemperatur) 140°C/160°C
Kessel	
GKomp	Gaskompressor (Druckerhöhung)
MGT	Mikrogasturbine
BSZ	Betriebsstundenzähler
Z	Zähler

Als Messgrößen im Beispiel sind als Tageswerte vom 20.7.2021 aufgeführt:

- Gasverbrauch EVU (kWh, m³)
- Gasverbrauch Turbinen (m³)
- Gasverbrauch Kessel (m³)
- Betriebsstunden Mikrogasturbine
- Elektrische Energie Turbinenanlauf (Hilfsenergie zum Starten) (kWh)
- Elektrische Energie Turbinen (Normalbetrieb) (kWh)
- Elektrische Energie EVU Bezug (kWh)
- Elektrische Energie EVU Überschuss Netzeinspeisung (kWh)
- Wärmemenge Economizer Niedertemperatur (kWh, m³, °C, °C)
- Abgastemperatur (Mittelwert) (°C)
- Wärmemenge Zuführung Absorptionskältemaschine (kWh, m³, °C, °C)
- Wärmemenge Kältegewinnung Absorptionskältemaschine (kWh, m³, °C, °C)
- Wärmemenge Sudhaus Hochtemperatur (kWh, m³, °C, °C)
- Wärmemenge Abfüllung Hochtemperatur (kWh, m³, °C, °C)
- Außentemperatur (Mittelwert) (°C)
- Elektrische Energie Pumpen Zirkulation Hochdruckheißwasser (kWh)
- Wärmemenge Kälteproduktion Propankältemaschine (kWh, m³, °C, °C)

Noch nicht aufgetragen aber im System vorhanden

- Elektrische Energie Propankältemaschine (kWh)
- Elektrische Energie Kessel (kWh)
- Elektrische Energie Absorptionskältemaschine (kWh)

Zeitreihenanalysen

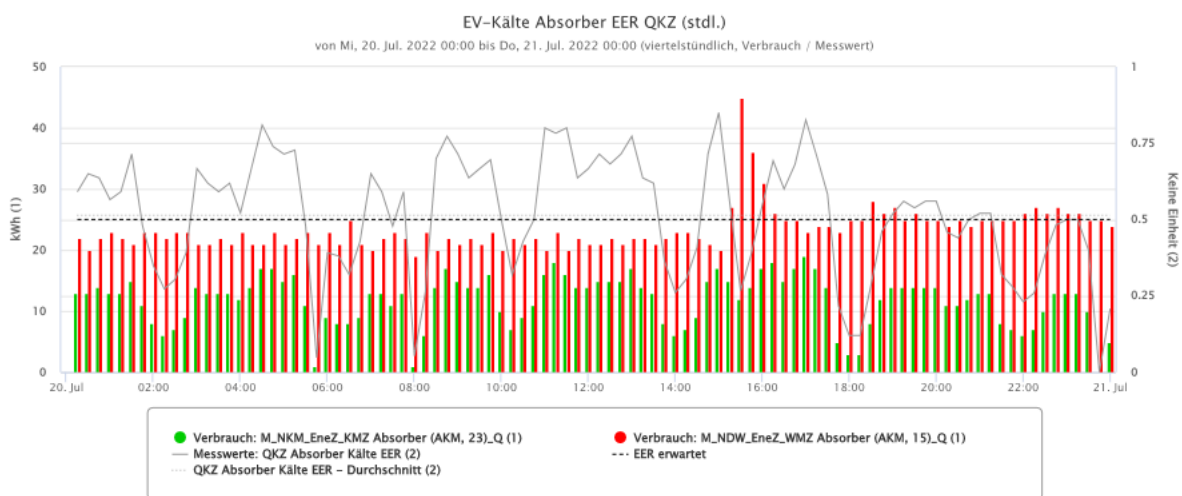
Zu vorstehendem beispielhaften Fließbild der Wärmeerzeugung bestehen zusätzlich für einzelne Anlagenteile detaillierte Zeitreihenanalysen als Tages- und Wochendarstellung mit Verbrauchs- und/oder Leistungsdaten. Eine Verdichtung auf Monats- und Quartalswerte ist ebenfalls möglich. Zudem bieten auch hier virtuelle Messstellen die Möglichkeit verschiedenster abgeleiteter Kenngrößen.

Absorptionskältemaschine EER QKZ

Aufgetragen in der Reihe ist die gewonnene Kältemenge im Vergleich zur eingesetzten Wärmemenge als viertelstündlichen Verbrauch. Zusätzlich abgebildet ist die virtuelle Messgröße QKZ Absorber EER als Quotient von Kälte- zu Wärmemenge, die Aufschluss über den betrieblichen Wirkungsgrad gibt. Über die Zusatzinformationen zum Diagramm stehen die Eckdaten als Zahlenwerte zur Verfügung.



EV-Kälte Absorber EER QKZ



Zusatzinformationen

Verbrauch: M_NKM_EneZ_KMZ Absorber (AKM, 23)_Q (1)

Gesamtverbrauch	1.136 kWh	
Maximalwert	19 kWh	20.07.2022 17:00:00
Durchschnittswert	11,833 kWh	

Verbrauch: M_NDW_EneZ_WMZ Absorber (AKM, 15)_Q (1)

Gesamtverbrauch	2.249 kWh	
Maximalwert	45 kWh	20.07.2022 15:30:00
Durchschnittswert	23,427 kWh	

Messwerte: QKZ Absorber Kälte EER (2)

Maximalwert	0,85 SYSTEM_EMPTY_UNIT	20.07.2022 15:00:00
Durchschnittswert	0,51395	
Minimalwert	0 SYSTEM_EMPTY_UNIT	20.07.2022 23:45:00

Abbildung 29: Messungen an der Absorptionskältemaschine

Absorptionskältemaschine Kenndaten

Die Möglichkeit verschiedenste Zeitreihen frei zusammenzustellen, sind für die technische Betriebsleitung ein gutes Werkzeug zur Früherkennung von energetischen Fehlentwicklungen in der Produktion. So kann z.B. der Kühlwasserverbrauch auch in Abhängigkeit von eingesetzter Wärmemenge der Absorptionskältemaschine und den bestehenden Umgebungstemperaturen betrachtet und überwacht werden.



EV-Kälte Absorber Kühlturm

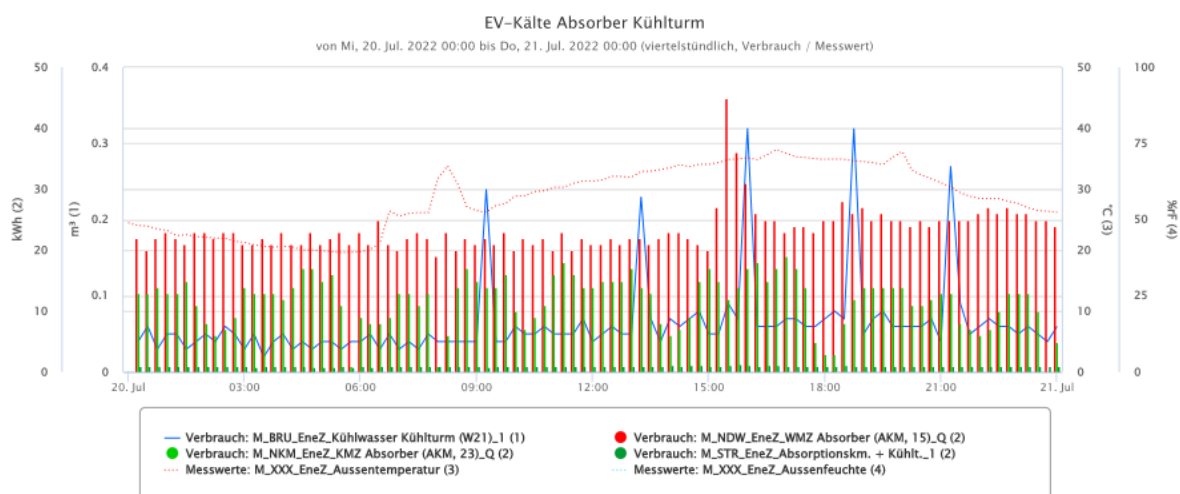


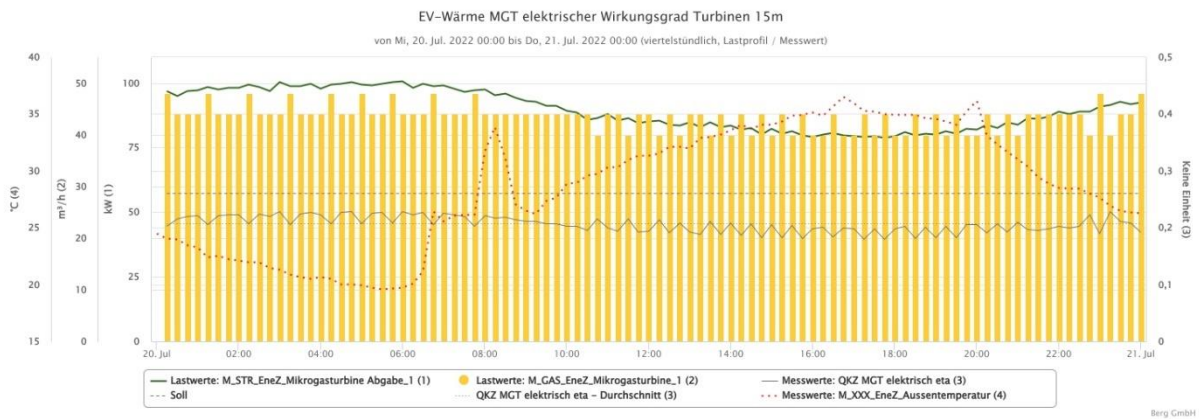
Abbildung 30: Messungen am Absorber Kühlturm

Mikrogasturbine Lastverhalten

Ein besonderes Augenmerk wird auch auf das Lastverhalten der beiden Turbinen gelegt. Hierzu sind verschiedene Zeitreihenanalysen geschaffen worden, aus denen verschiedenste Ableitungen erkennbar sind und fortwährend veranschaulicht werden.

Die erste Analyse zeigt sehr schön, dass in Abhängigkeit der Temperatur der Ansaugluft die elektrische Turbinenleistung variiert. Zudem wird eine Qualitätskennzahl gebildet aus dem Verhältnis von abgegebener elektrischer Leistung und aufgewandter Feuerungsleistung, die kontinuierlich gemonitort wird. Zudem wird bei größerer Abweichung der Zahl eine Alarmmeldung an den technischen Betriebsleiter abgesandt.

Im zweiten Diagramm aufgetragen ist die von der Turbine erzeugte Eigenstrommenge, die zusätzlich vom EVU bezogene Strommenge und bei geringeren Betriebslasten gegebenenfalls ins öffentliche Netz eingespeiste Überschussenergie.



Täglicher Bericht
20. Juli 2022

Lastverhalten Mikrogasturbine - Strom

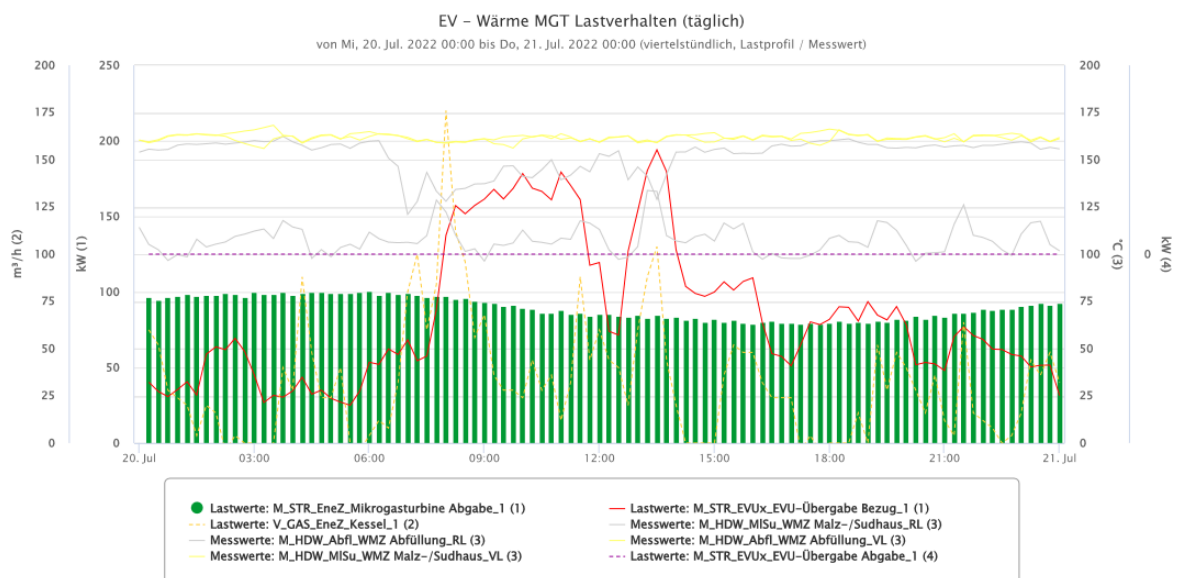


Abbildung 31: Messungen an der Mikrogasturbine

Propankältemaschine

Analog zu Mikrogasturbinen und Absorptionskältemaschine wird auch die Propankältemaschine kontinuierlich zu deren Qualitätsaspekten überwacht und aufgezeichnet.

Insbesondere der von der Lufttemperatur stark abhängige Wirkungsgrad als auch die aufgenommene elektrische und abgegebene thermische Wärmeenergie in Form von Kälte sind veranschaulicht dargestellt und schaffen eine Entscheidungsgrundlage für den optimalen Einsatz der Kompressionskälte.

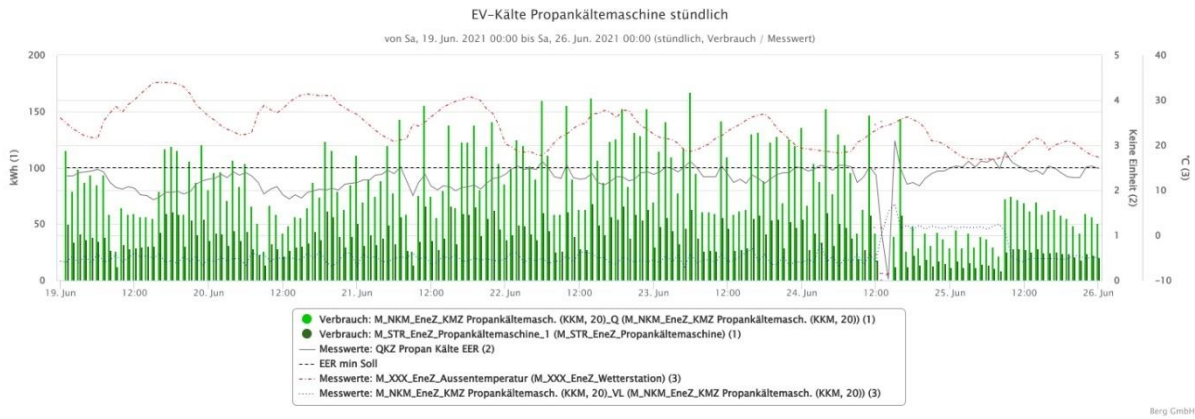


Abbildung 32: Messungen an der Propankältemaschine

Verbraucher

Frei zusammengestellte Diagramme zur Beobachtung der Verbraucherleistungen verschiedener Abteilungen, wie z.B. in den nachfolgenden Diagrammen zur Kälteversorgung der Abteilung Sudhaus, Gärkeller und Lagerkeller, ermöglichen die fortlaufende Optimierung der Kältemittelströme und deren Temperaturen. Einer der Zielsetzungen des Projektes besteht ja unter anderem die Kältemitteltemperaturen so gering (warm) wie möglich zu fahren.

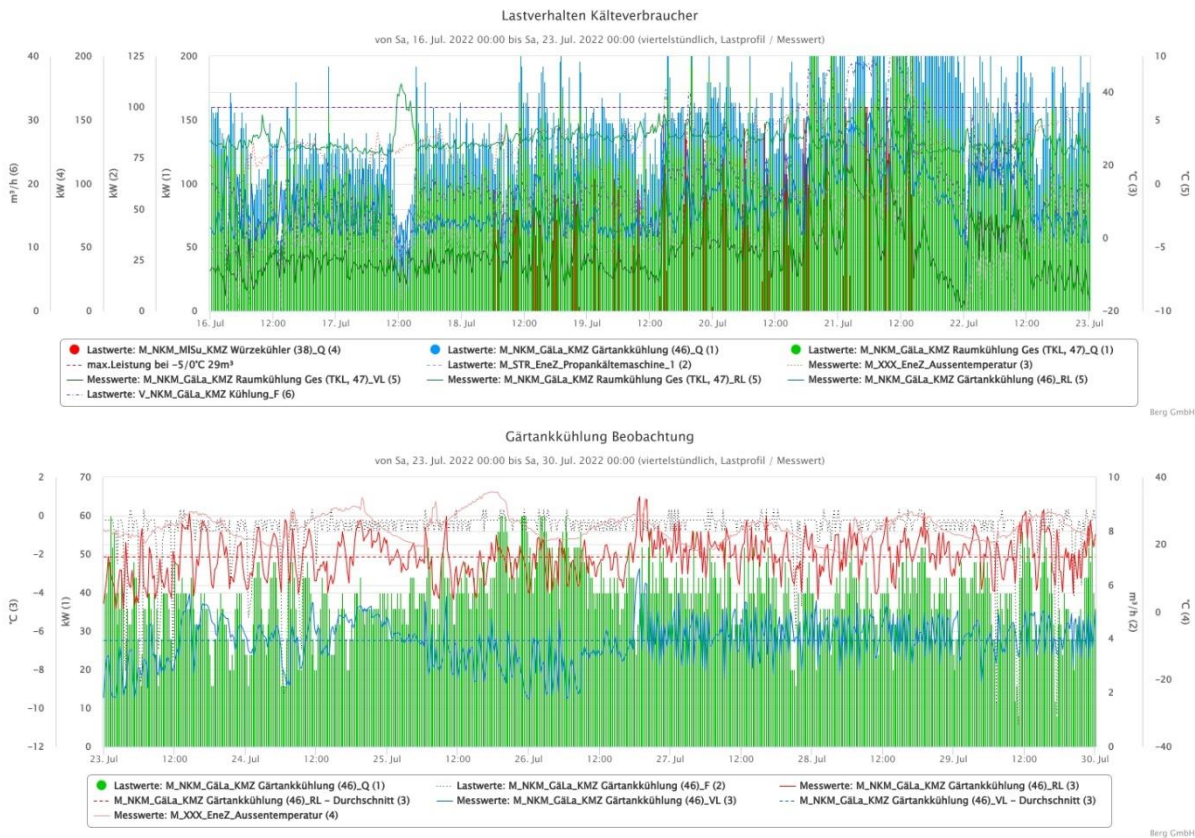


Abbildung 33: Zusammengestellte Diagramme von Verbrauchern

Dashboard oder auch Managementcockpit

Das Dashboard nimmt speziell für das Monitoring konfigurierte Diagramme und Auswertungen auf und schafft damit einen schnellen Überblick über wichtige und essenzielle Informationen:

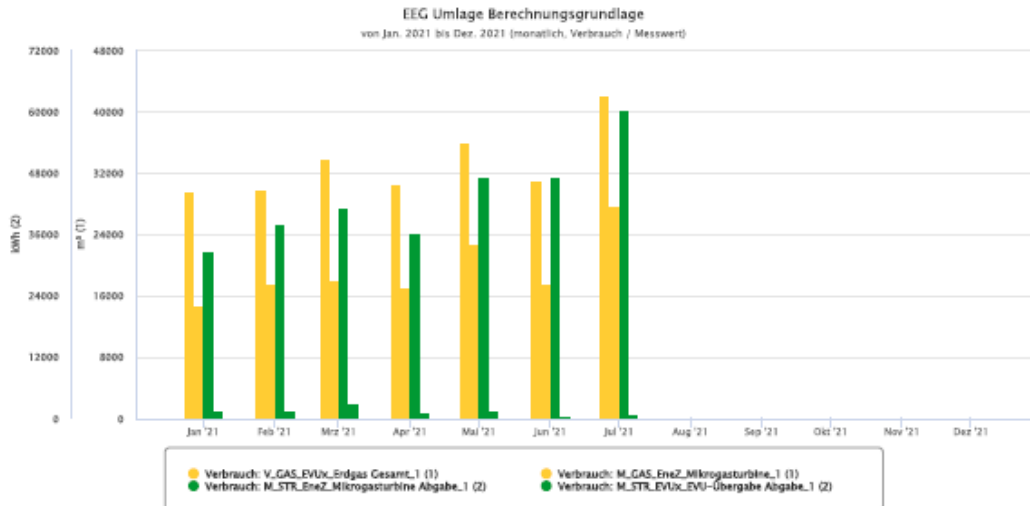


Abbildung 34: Management Dashboard mit verschiedenen Kenngrößen Diagrammen

Berichtswesen

Zyklisch erstellte und automatisch versandte Berichte unterstützen verschiedenste Bereiche des Unternehmens hinsichtlich der Erfüllung deren Aufgaben, so existieren für die Technik Berichte für die Maschinen und Anlagen und deren Wirkungsgrade oder auch monatliche Auswertungen der Energieverbräuche. Auch die Verwaltung profitiert von Auswertungen, die der Stromsteueranmeldung oder auch EEG Meldungen zu Grunde gelegt werden.

EEG Umlage Grundlagedaten



Berg GmbH

Zeitstempel	V_GAS_EVUx_Erdgas Gesamt_1 - Verbrauchswert (m³)	M_GAS_EneZ_Mikrogasturbine_1 - Verbrauchswert (m³)	M_STR_EneZ_Mikrogasturbine Abgabe_1 - Verbrauchswert (kWh)	M_STR_EVUx_EVU-Übergabe Abgabe_1 - Verbrauchswert (kWh)
Jan. 2021	29.416,3	14.687	32.427,9	1.261,7
Feb. 2021	29.647,4	17.392	37.974,9	1.346,2
Mär. 2021	33.726,5	17.871	40.923	2.978,2
Apr. 2021	30.381,8	16.883	36.149,1	833,82
Mai. 2021	35.749	22.703	47.198,7	1.337,2
Jun. 2021	30.813,7	17.434	46.883,7	373,26
Jul. 2021	42.013,4	27.532	60.006	530,54
Aug. 2021	0,5	0	0	0

Abbildung 35: Berichte

Auch mehrseitige Berichte mit detaillierten Zahlenreihen können generiert und versandt werden, die Max- und Min- wie auch Mittelwerte der einzelnen dargestellten Sensoren beinhalten.

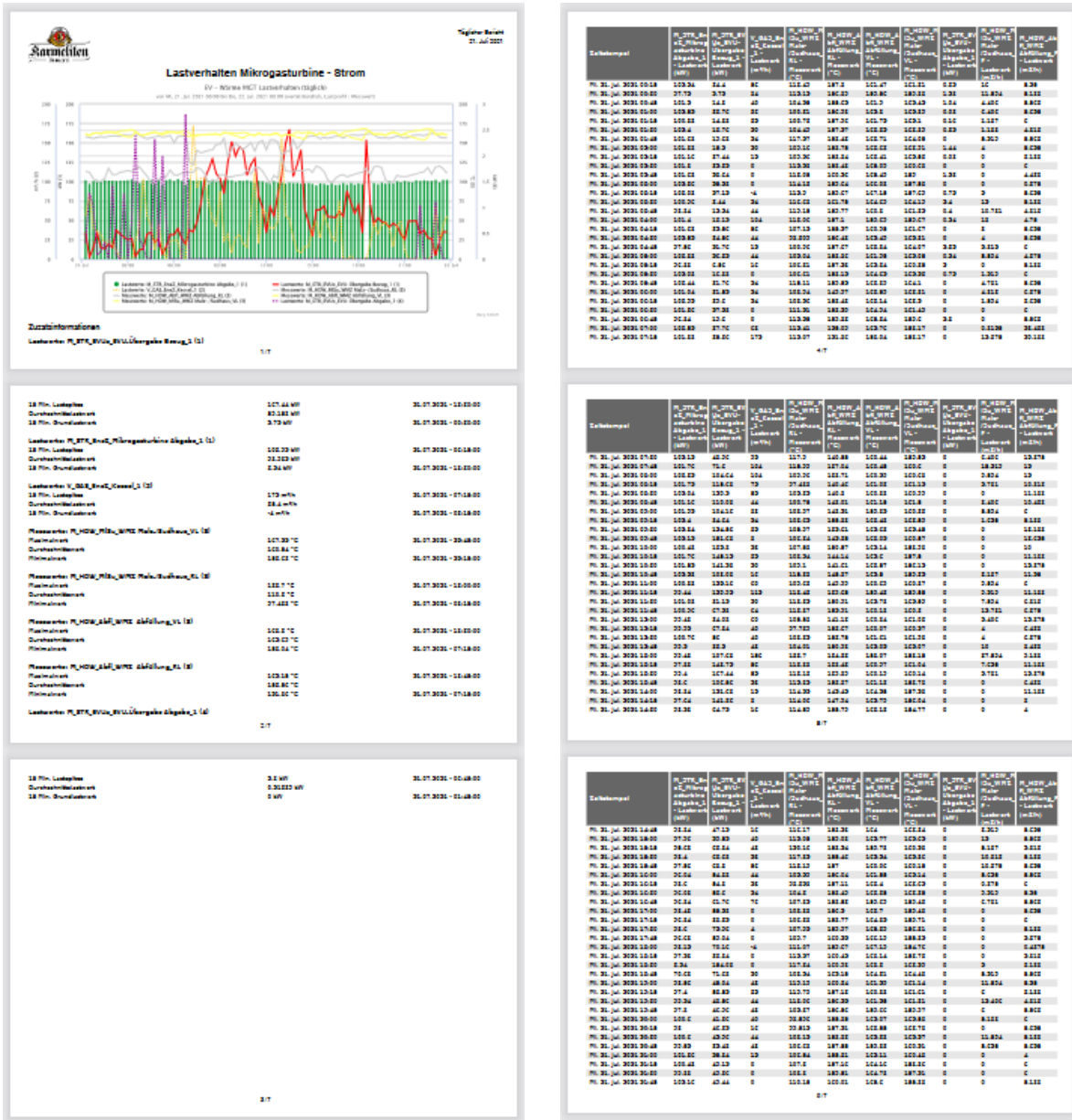


Abbildung 36: Umfangreiche Berichte

Alarmierung

Für alle in der Datenbank erfassten Messwerte und auch den daraus abgeleiteten virtuellen Messstellen können Min-, Max- und auch Bereichsgrenzwerte konfiguriert und variable eingestellt werden. Diese können bei Verletzung der eingestellten Grenzwerte als Meldungen in Form von Informationen, Warnungen oder auch Alarme automatisch per Mail versandt werden, so dass festgestellte Missstände, schnell und effektiv identifiziert und behoben werden können.

Der nachstehende Kurzauszug aus der EnPI-Alarmliste zeigt die Möglichkeiten der Konfiguration (EnPI = energy performance indicator).

+ Neu

EnPI-Alarme

Suchen

Name	Art	Grenzwert	Einheit	Grenzwert-Art	Verdichtung	Prüfungsintervall	Kategorie	Unternehmenselement	Aktiv
OKZ Propan Kälte EER	Messwert	2,30	Keine Einheit	Unterschreitung	täglich	Abgeschlossenes Intervall	Information	OKZ Propan Kälte EER	<input checked="" type="checkbox"/>
OKZ Absorber Kälte EER (Tag)	Verbräuche	0,45	Keine Einheit	Unterschreitung	täglich	Abgeschlossenes Intervall	Information	OKZ Absorber Kälte EER (Tag)	<input checked="" type="checkbox"/>
Kälteproduktion Absorber kleiner 40kW	Verbräuche	15,00	kWh	Unterschreitung	viertelstündlich	Abgeschlossenes Intervall	Information	M_NDW_EneZ_WMZ Absorber (AKM_15)_O	<input checked="" type="checkbox"/>
Gärtankkühlung (46)_RL_Temp_Vorwarnung	Messwert	0,00	°C	Überschreitung	viertelstündlich	Abgeschlossenes Intervall	Information	M_NKM_GäLa_KMZ Gärtankkühlung (46)_RL	<input checked="" type="checkbox"/>
Gärtankkühlung (46)_RL_Temp Alarm	Messwert	0,00	°C	Überschreitung	stündlich	Abgeschlossenes Intervall	Warnung	M_NKM_GäLa_KMZ Gärtankkühlung (46)_RL	<input checked="" type="checkbox"/>
Alarm-M_STR_EVUx_EVU-Übergabe Bezug_1	Lastprofil	250,00	kW	Überschreitung	viertelstündlich	Abgeschlossenes Intervall	Warnung	M_STR_EVUx_EVU-Übergabe Bezug_1	<input checked="" type="checkbox"/>
Alarm-Professoren Ventilation (RHE)	Verbräuche	5,00	m³	Überschreitung	täglich	Abgeschlossenes Intervall	Warnung	M_STW_Verw_Brauchw.	<input checked="" type="checkbox"/>

Abbildung 37: EnPI Alarme

Fazit - Ausblick

Das in der Karmeliten Brauerei verbaute System zur Erfassung, Auswertung und Visualisierung von Energie- und Mediendaten versetzt die Betriebsleitung in die Lage rund um die Uhr die Anlage zu optimalen Bedingungen zu betreiben. Wichtige betriebliche Parameter werden über das Alarmwesen stetig überwacht und schlagen bei Verletzungen Alarm.

Die erfassten Daten bilden zudem eine für den Betrieb wichtige Grundlage für unternehmerische Entscheidungen.

Das offene und jederzeit erweiterbare System in Verbindung mit der in der Brauerei umgesetzten Struktur eröffnet viele Möglichkeiten des Ausbaus und zukünftiger Ergänzungen. Ebenso können auch in Verbindung mit den virtuellen Messstellen und der individuell einstellbaren Berechnungsformeln eine Vielzahl von Hilfsgrößen gebildet werden, die bei Analyse und Lösungsfindung von energetischen Unzulänglichkeiten wertvolle Dienste leisten.

Dieses aufgesetzte und verbaute System wird aufgrund seiner Möglichkeiten vermutlich nie zu Ende konfiguriert sein und ein ständiger Berater bleiben.

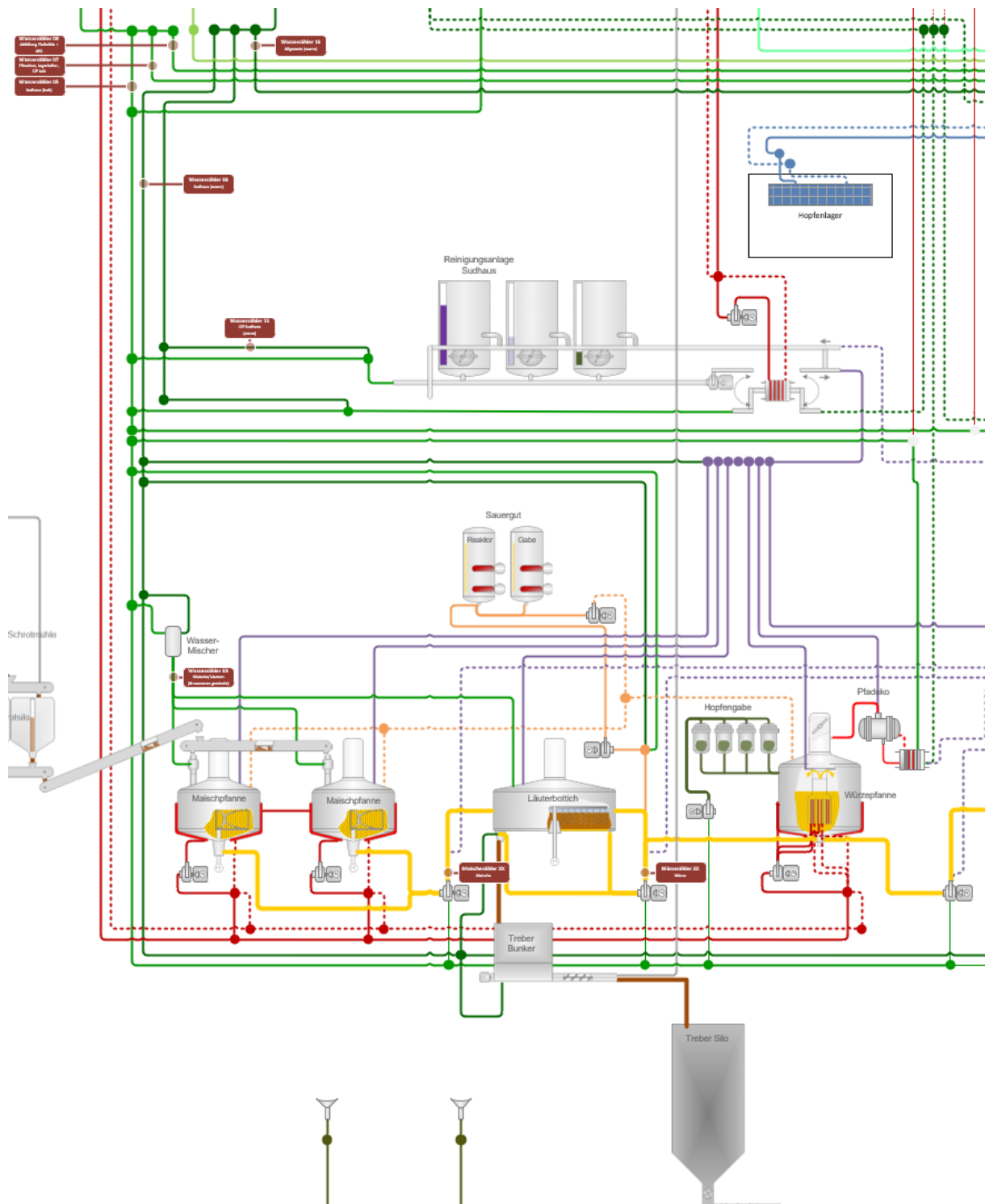


Abbildung 38: Ausschnitt aus dem Gesamtanlagenprozessbild der Brauerei

7.2 Spitzlastmanagement mit automatischer Abschaltung von Verbrauchern

In der Karmeliten Brauerei Straubing wurde zusätzlich zum Energie- und Medieneferfassungssystem ein Überwachungssystem zur Anzeige und der automatischen Begrenzung von elektrischen Spitzenlasten installiert (vgl. Abbildung 39).

Über eine zentrale Steuerungseinheit in der Technik werden die vom EVU Zähler erzeugten Impulse in deren Frequenz ausgewertet, auf den aktuellen Verbrauch umgerechnet und für eine definierte Messperiode aufsummiert. Eine zyklische Funktion wertet diesen Verbrauch aus und rechnet auf Basis der ermittelten Werte auf den zu erwartenden Endwert hoch.

Liegt dieser erwartete Wert höher als der vorgegebene Grenzwert springt die „Ampelfunktion“ an und signalisiert den Mitarbeitern an verschiedenen Stellen im Betrieb die aktuelle energetische Situation.

Solange die Ampel grün zeigt kann ohne weitere energetische Beachtung die Produktion betrieben werden. In der Gelbphase gilt es darüber nachzudenken, ob und welche Prozesse aktuell zu starten sind oder welche auch zurückgestellt werden können. Zudem werden untergeordnete automatisch ablaufende Prozesse, wie beispielsweise die Rohstoffannahme gestoppt. Bei Rotlicht sind die Mitarbeiter angehalten, aktiv ins Geschehen einzugreifen und ggf. Prozessanlagen kurzzeitig zu stoppen. Großverbraucher wie die Kältemaschine oder Luftkompressoren werden in kaskadischer Weise zurückgefahren und erhalten deren Freigabe erst nach dem grünen Signal.

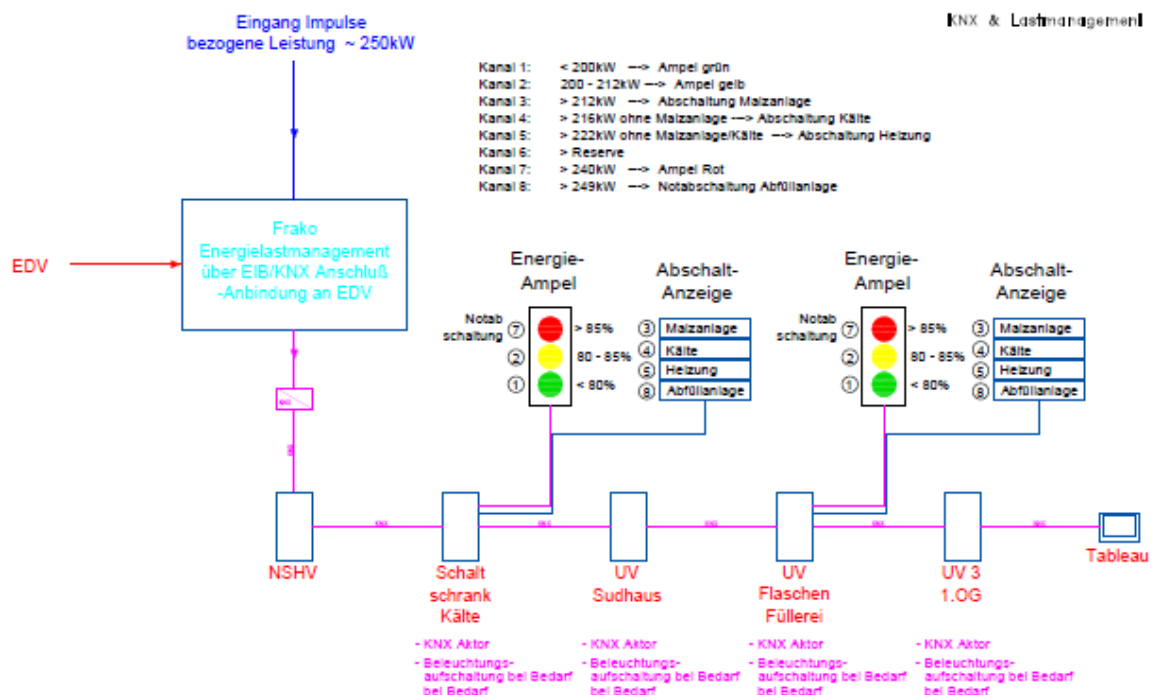


Abbildung 39: Technischer Aufbau des Systems

7.3 Liste der Veröffentlichungen

Datum	Medium	Artikel/Titel
2016		
Mai 2016	Brauwelt	Karmeliten Brauerei für Energieeffizienz ausgezeichnet
Mai 2016	SR Tagblatt	Vorbildliche Energieeffizienz
Oktober 2016	Gäuboden aktuell	Tag der offenen Tür - Erleben wie aus Wärme Kälte und dann Bier wird
Januar 2016	SR Tagblatt	Präsentation der energieautarken Brauerei
Januar 2016	SR Tagblatt	Das Ziel 99,5 Prozent CO2 Ersparnis
November 2016	Gäuboden aktuell	Das Ziel 99,5 Prozent CO2 Ersparnis
Dezember 2016	Brauwelt	Energieautarke Brauerei Schritt Eins vollendet
2017		
Dezember 2017	Markt und Mittelstand	Erhitzt, gekocht und abgekühlt
Juli 2017	Lifestyle Magazin	Sonne statt Hopfen und Malz
Januar 2017	SR Tagblatt	1. Bierathlon der Karmeliten Brauerei
Januar 2017	SR Tagblatt	Erster Bierathlon der Karmeliten Brauerei Skilanglauf, Schießen und Bierverkostung
Januar 2017	Gäuboden aktuell	Kunstschnee in der Brauerei
Januar 2017	SR Tagblatt	Erster Bierathlon
Februar 2017	Photovoltaik Zeitschrift	Aufs autarke Ökobier, Prost Innovative Versorgung einer Brauerei mit Strom, Heizung, Wasser
März 2017	SR Tagblatt	Chance auf Umwelt - Oskar - Karmeliten für Preis nominiert
März 2017	Gäuboden aktuell	Nominiert für den Deutschen Umweltpreis -Oskar
März 2017	Donaukurier	Alte Brautradition mit modernster Technik

Datum	Medium	Artikel/Titel
März 2017	Photovoltaik Zeitschrift	Aufs autarke Ökobier, Prost
April 2017	Brauwelt	Nominiert für den Deutschen Umweltpreis
April 2017	SR Tagblatt	SPD besucht Karmeliten Brauerei
Mai 2017	Süddeutsche Zeitung	Vorbildlich Umweltgerechte Bierproduktion wird ausgezeichnet
September 2017	SR Tagblatt	Umweltfreundliches Bier - Grünen Fraktionsvorsitzender be- sichtigt Brauerei
September 2017	SR Tagblatt	Karmeliten Brauerei mit energieautarken Konzept in Berlin
September 2017	Handelsblatt	Energieeinheitsgebot
Oktober 2017	Handelsblatt	Aus der Vision wurde Realität
November 2017	Wirtschaftszeitung	Energy Award für Karmeliten Brauerei
November 2017	Niederbayerische Wirt- schaft	Konzept der energieautarken Brauerei
November 2017	Brauindustrie	Straubinger Brauerei gewinnt Handelsblatt Energy Award
November 2017	Brauwelt Report	Energy Award Ziemann GmbH Energie Konzept Karmeliten Brauerei
November 2017	SR Tagblatt	Menschen suchen Beständigkeit Infoabend über regionale Le- bensmittelproduktion
Dezember 2017	Brauindustrie	Evolution der Energieversorgung Karmeliten Brauerei als Vor- reiter zur Brauerei des 21. Jahrhunderts
2018		
März 2018	Wirtschaftszeitung	Innovationspreis: Eine energieautarke Brauerei als Vision
Juni 2018	Produktion	So profitieren Sie von Nachhaltigkeit
Juni 2018	Produktion	Die Energiewende machen wir Kleinen
September 2018	SR Tagblatt	Unternehmenspreis Konzept energieautarke Brauerei
Oktober 2018	SR Tagblatt	Wenn die Energieampel auf Rot steht Staatssekretäre Rita Hagl-Kehl und Florian Pronold bei Karmeliten Brauerei
Oktober 2018	SR Tagblatt	Auf ein Helles und auf Informationen Chilenische Bierbrauer besuchen Karmeliten Brauerei

Datum	Medium	Artikel/Titel
2019		
Januar 2019	SR Tagblatt	Schnee kühlt Bier Karmeliten Brauerei mit neuer Kälteversorgung
September 2019	SR Tagblatt	Internationaler Besuch bei Karmeliten Brauerei Delegation aus Kolumbien Chile
Oktober 2019	SR Tagblatt	Aushängeschilder der Wirtschaft Unternehmenspreise an drei Betriebe verliehen
November 2019	SR Tagblatt	BB Award in Gold Karmeliten Brauerei von Europaregion Donau Moldau ausgezeichnet
Dezember 2019	Deutsche Handwerker Zeitung	Für Nachhaltigkeit ausgezeichnet
Dezember 2019	Niederbayerische Wirtschaft	Preisträger Best Business Award für nachhaltige Unternehmensführung
2020		
Januar 2020	SR Tagblatt	ÖDP PU besucht Karmeliten Brauerei
Februar 2020	Mittelbayerische Zeitung	Radeln für Naturprojekte
Februar 2020	Rundschau	Radeln für mehr Energie
Februar 2020	Blizz	Startschuss zum neuen Stadtnatur Marathon
Februar 2020	Donau Post	Energieerzeugung erlebbar machen
Februar 2020	Radio Charivari	Startschuss zum neuen Stadtnatur Spendenmarathon im Einkaufszentrum Regensburg
Juni 2020	SR Tagblatt	Energieautarke Brauerei Auszeichnung Top 100 für Karmeliten Brauerei
2021		
Januar 2021	SR Tagblatt	Naturschnee kühlt Bier Karmeliten Brauerei nutzt natürliche Kältemittel
September 2021	SR Tagblatt	Überlegt doch nichts versprochen MdB Dobrindt besucht Karmeliten Brauerei um sich Einblick zu verschaffen
November 2021	Welt Brand	Brauerei spart so viel CO2 wie 32.000 Bäume binden
November 2021	Umweltbundesamt	Beispiele aus der Praxis - Brauerei
2021/2022	Powerplay	Energieeffizienz: Die Mücke aus Straubing

Datum	Medium	Artikel/Titel
2022		
Mai 2022	SR Tagblatt	Nachhaltigkeit: 200 Kisten Bier statt einer
Mai 2022	Brauwelt	Ein energetisches Gesamtkunstwerk
Mai 2022	SR Tagblatt Gesamtausgabe	Beilage zur Energieautarken Brauerei
Mai 2022	Inside	Schnee von morgen
Juni 2022	Wirtschaftszeitung	Schneelanze sorgt für regenerative Kälteversorgung
Juni 2022	SR Tagblatt	Karmeliten bei Karmeliten
Juli 2022	SR Tagblatt	Biersteuerstaffel erhalten FDP-MdB Ulrich Lechte auf Infobesuch in der Karmeliten Brauerei
Juli 2022	SR Tagblatt	Staatsminister Hubert Aiwanger besucht energieautarke Karmeliten Brauerei
August 2022	SR Tagblatt	SPD Abgeordneter in Karmeliten Brauerei
Oktober 2022	SR Tagblatt	Von Machern und Lösungsfindungen